

А К А Д Е М И Я Н А У К С О Ю З А С С Р

ИНСТИТУТ МАШИНОВЕДЕНИЯ
И ТЕХСОВЕТ НАРКОМАТА ВООРУЖЕНИЙ СССР

Ф. Ф. СОКОЛОВ

ХРОМИРОВАНИЕ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА И ШТАМПОВ

ИЗДАТЕЛЬСТВО АКАДЕМИИ НАУК СССР

ДЕП

АКАДЕМИЯ НАУК СОЮЗА ССР

ИНСТИТУТ МАШИНОВЕДЕНИЯ
И ТЕХСОВЕТ НАРКОМАТА ВООРУЖЕНИЙ СССР

Ф. Ф. СОКОЛОВ

ХРОМИРОВАНИЕ РЕЖУЩЕГО
ИНСТРУМЕНТА И ШТАМПОВ

2005

РЕСПУБЛИКАНСКАЯ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ
БИБЛИОТЕКА

ИЗДАТЕЛЬСТВО АКАДЕМИЙ НАУК СССР
МОСКВА 1941 ЛЕНИНГРАД

Ответств. редактор проф. Э. А. Сателъ

К
Д
И
В

В
О
И
С
С

П
Т
И
М
н

В
В
П
П
И
П
Ж
К

В
К
Т
1

ПРЕДИСЛОВИЕ

Гальваническое хромирование режущего инструмента и штампов, которому посвящена работа Ф. Ф. Соколова, имеет большое значение для промышленности, так как увеличивает срок службы инструмента и является, следовательно, средством экономии инструмента и металла вообще.

Работа Ф. Ф. Соколова состоит из двух частей: 1) теоретической, в которой сжато изложены вопросы, касающиеся гальванического осаждения хрома — фактора, приводящего к получению осадка того или иного качества, и 2) практической, в которой собран опыт нескольких заводов, внедряющих или уже внедривших хромирование как средство повышения работоспособности инструмента.

Как можно видеть, работа Ф. Ф. Соколова представляет собой предварительное исследование, в котором собран литературный и практический материал, подвергнутый автором критической обработке. Из замечаний, которые автор делает в тех или иных местах текста, можно понять, в каких направлениях он предполагает развить дальнейшую работу, очевидно, в определенной части экспериментальную.

Так, например, Ф. Ф. Соколов совершенно справедливо подчеркивает, что в настоящее время нет полной ясности в вопросе о выборе вида хромового покрытия — „молочного“ или блестящего — или в вопросе о подготовке поверхности для покрытия ее хромом (необходимость подслоев, термообработки покрытия и т. п.). То же можно сказать и о лабораторных методах определения работоспособности хромового покрытия, весьма несовершенных, в виду чего Ф. Ф. Соколов принужден рекомендовать окончательное испытание хромовых осадков только в эксплуатационных условиях.

Особенную ценность представляет собой практическая часть работы, в которой приведено значительное количество заводского материала — конструкции ванн, завесок, режимы работы и даже результаты испытания хромированного инструмента, по преимуществу режущего. При-

веденный заводский материал, безусловно, окажется весьма полезным для тех заводов, которые начинают внедрять твердое хромирование инструмента; для тех заводов, которые уже пользуются этим методом повышения работоспособности инструмента, работа Ф. Ф. Соколова послужит источником обмена опытом.

Написанный очень простым и ясным языком труд Ф. Ф. Соколова вполне доступен для чтения квалифицированному рабочему и мастеру. Одновременно с этим, главным образом в практической части, работа представляет интерес и для инженера, знакомя его с практикой работы других заводов в области повышения работоспособности инструмента.

Проф. д-р В. О. Крениг

ВВЕДЕНИЕ

Применение электролитического покрытия хромом рабочих частей режущего инструмента, штампов, прессформ и т. п. получило значительное распространение за последнее десятилетие. Особый интерес начал проявляться к нему в самое последнее время в связи с возникшей возможностью в ряде случаев, благодаря хромированию, заменять быстрорежущие стали углеродистой или низколегированной инструментальной сталью. Основные свойства этого покрытия, благодаря которым развилось его применение в инструментальном деле, заключаются в следующем.

При современном развитии технологического процесса „твердого“ хромирования удается получить покрытия, обладающие достаточной твердостью и износоупорностью, хорошо связанные с основным металлом, а поэтому и выполняющие свою основную задачу—создание рабочей поверхности повышенной работоспособности.

Основными свойствами хрома, которые используются в хромированном инструменте, являются его твердость, стойкость против износа и способность противостоять так называемому „налипанию“ обрабатываемого материала на рабочие грани инструмента. Большое значение имеет также характер износа рабочих поверхностей хромированного инструмента, определяющийся тем, что затупление или износ их происходит через более длительные промежутки времени и бывает незначительным по величине. Благодаря указанным особенностям хромированного слоя удается при прочих равных условиях получать гораздо более чисто обработанную поверхность и значительно увеличивать стойкость инструмента (от 2 до 10 и более раз). В ряде случаев удается избежать специальной, вредной и огнеопасной смазки инструмента, например керосином при обработке алюминиевых сплавов. В виду указанных свойств хромового покрытия удается также вести заточку ряда разверток не по всему зубу, а только по заборной его части.

В качестве чрезвычайно характерного примера использования хромового покрытия с целью устранения налипания обрабатываемого материала и изменения характера износа можно привести работы Саратовского завода Трактородеталь (СЗТД) по хромированию долбяков Феллоу из быстрорежущей стали. На этом заводе долбяки Феллоу из быстрорежущей стали быстро выходили из строя вследствие повышенного износа левой задней вспомогательной грани, происходящего, главным

образом, из-за налипания стружки и ненормального износа его граней (фиг. 39, 40, 41, 42). При применении хромирования явление налипания устранялось, трение между рабочими гранями долбяка и изделием уменьшалось и стойкость долбяков увеличивалась от 2 до 8 раз.

Опыт Горьковского автозавода по применению хромового покрытия на калибрующих брошках дал возможность перейти с быстрорежущих сталей на углеродистые с одновременным значительным повышением стойкости углеродистых хромированных брошек по сравнению с изготовленными из быстрорежущей стали. Повышение стойкости, очевидно, связано со свойством хрома при его высокой твердости содействовать меньшему выделению тепла в процессе протяжки благодаря меньшему коэффициенту трения хромированной поверхности и обработке самого металла.

Наше обследование современного развития процессов хромирования рабочего инструмента показало, что в этом вопросе все же нет необходимой ясности. На ряду с опытом успешного применения хромирования к режущему инструменту и штампам имеется и отрицательный опыт (см., например, карточку Техсо № 2675, серия 19 А; 1936 г., и др.) и отрицательное отношение многих заводских работников к применению хромирования для указанного инструмента.

По нашему мнению, причины вышеуказанного явления в значительной мере заключаются в недостаточном знакомстве заводских работников с современными практическими и теоретическими достижениями в данной области, а также в специфических трудностях процесса хромирования и правильной постановки его на заводах. Кроме того, большим недостатком является отсутствие в Союзе ССР научно-исследовательского центра, который координировал бы проведение научно-исследовательских работ в данной области в институтах и на заводах.

В то же время наше обследование с несомненностью показало, что за последнее пятилетие за границей и у нас это дело продолжает развиваться, и уже теперь можно наметить классификацию изделий, подлежащих хромированию, и процессов хромирования, а также рекомендовать ряд технологических процессов хромирования режущего инструмента, штампов, прессформ и т. п. в качестве типовых.

Широкое применение хромирование может найти главным образом для штампов и режущего инструмента, изготовленного из углеродистой и низколегированной инструментальных сталей. Для режущих инструментов, изготовленных из быстрорежущих сталей, оно может быть использовано в ряде случаев, главным образом, как дополнительное средство повышения работоспособности инструмента, предварительно улучшенного "химической" обработкой и цианированием (работы в этом направлении нами в настоящее время ведутся).

На ряду с этим возникает необходимость в проверке неясных и спорных деталей этих процессов. Так, например, большинство заводов не применяет так называемых "молочных" покрытий хромом режущего инструмента и штампов, в то время как конференция по хромированию, состоявшаяся в 1937 г. в Ленинграде, рекомендовала эти покрытия для режущего инструмента и штампов. Наши предварительные

работы по применению „молочного“ хрома к специальным штампам для холодной штамповки и режущему инструменту не показали его преимуществ перед блестящим хромом. Не ясен также вопрос о выборе наиболее плотной плотности тока при хромировании того или другого вида инструмента. Между тем износостойкость хромового покрытия, например, по данным Пирсола,¹ изменяется чрезвычайно сильно в зависимости от катодной плотности тока, что видно из данных табл. 1.

Таблица 1

Плотность тока в А/дм ² на катоде при хромировании	Время в мин. ²	Относительная твёрдость ³
16	0.41	1
31	2.7	6
49	3.8	9
62	17.5	43
78	10.5	26
93	9.7	24
109	9.4	23

Приведенные данные Пирсола нельзя считать бесспорными, но тем не менее очевидно, что этот вопрос следует подвергнуть особому изучению в виду громадного влияния плотности тока на качество хромового покрытия.

Не меньшее значение имеют и другие части рассматриваемого технологического процесса, например, подготовка поверхности, температура и состав электролита и т. п., в применении к данному виду инструмента и условиям, в которых он будет работать.

В выборе отдельных параметров рассмотренных нами технологических процессов хромирования на различных заводах имеются большие расхождения. Так, Горьковский завод считает выгодным применение катодной плотности тока в 110 А/дм², а другой завод придерживается данных Пирсола, считая наиболее выгодной катодную плотность тока в 62 А/дм², Ленинградская конференция рекомендовала плотность тока в 25 А/дм² при температуре 65—68° С, которые обеспечивают отложение хромового слоя молочного цвета, и т. д. Несомненно, что научно-экспериментальная проверка отдельных параметров и выбор наилучших процессов обеспечили бы нашей промышленности единообразие и эффективность их применения и продвинули бы вперед наши научные знания в данной области.

¹ „Сборник по хромированию“, ОНТИ, Металлургиздат, 1934, стр. 106.

² Указано время, необходимое для того, чтобы шлифовать насквозь покрытие хромом толщиной в 0,025 мм.

³ Установлена по соотношению времени, потребного для шлифовки хромового покрытия, полученного при данной плотности тока, к времени, необходимому для шлифовки слоя, полученного при 16 А/дм² („Сборник по хромированию“, 1934, стр. 108—109).

Во второй части нашей работы мы полагаем провести ряд экспериментальных исследований с целью выбора из нескольких типовых процессов, оправдавших себя на практике, оптимального для данного вида работ и конструкции инструмента.

Рекомендуемые нами в данной работе типовые процессы в силу изложенного выше следует рассматривать как предварительные и подлежащие дальнейшему изучению и усовершенствованию.

Исключительное значение при изучении процессов хромирования инструмента приобретает также разработка методов и аппаратуры для определения качеств хромового покрытия, необходимых для данного вида работ: твердости и износостойкости хромовых покрытий, структуры хромового слоя, его вязкости (хрупкости) и т. п. Эта область как за границей, так и особенно у нас разработана недостаточно. С целью краткого освещения данного вопроса мы приводим сжатое описание современных методов для определения качества хромового слоя и аппаратуры, а также даем перечень главнейшей литературы.

Мы полагаем также во второй части нашей работы уделить этому вопросу внимание и при экспериментальных работах провести параллельное изучение области применения ряда методов определения поверхностной твердости хромированного слоя и его износостойкости.

Следует отметить, что, наряду с большой важностью выбора оптимального типового технологического процесса хромирования режущего инструмента и штампов и проверки влияния отдельных его элементов на работоспособность того или иного инструмента, весьма важным является быстрее изучение отдельных проблем, к числу которых следует отнести в первую очередь следующие: толстые покрытия хромом методом осаждения „хром на хром“, увеличение рассеивающей способности хромовой ванны и увеличение ее работы „в глубину“, подыскание хромового покрытия для горячих штампов и прессформ для литья под давлением. В области улучшения рассеивающей и глубинной способности хромовой ванны особый интерес представляют хромовые ванны, содержащие ион фтора.¹

В настоящей работе мы использовали довольно обширный литературный материал, а также опыт работы наших заводов, особенно ГАЗ, СЗТД, собственный опыт работы на СТЗ и Ново-Краматорском заводе и ряд других данных.²

ПРОЦЕСС ХРОМИРОВАНИЯ

Начало получения электролитического хрома из водных растворов относят к 1854 г., когда Бунзен при электролизе раствора хлорного хрома убедился в том, что на катоде может происходить

¹ Состав ванны для „холодного хромирования“ (Н. Д. Бирюков): хромовый ангидрид — 350 г, сернокислый хром — 2,7 г, цинковая пыль — 2 г, бромфтористоводородная кислота (50%), вода — 1 л. На заводах Форда применялся электролит следующего состава: хромовый ангидрид — 225 г, кремнефтористоводородная кислота — 7,5 г, вода — 1 л.

² Иллюстрации заимствованы главным образом из работ Федорова, Богограда, Лайшера, из отчетов заводов и институтов и пр.

выделение водорода, окиси, закиси и, наконец, металлического хрома.

Помимо электролиза хлорного хрома, в литературе отмечаются опыты по применению хромовых квасцов с прибавкой щелочных сульфатов и свободной серной кислоты (1894). Английский патент¹ указывал на применение в качестве электролита хромовой кислоты в количестве 2 г на 100 см³ воды с добавками сернокислых солей. Немецкий патент (1898) предлагал ванну из равных количеств хромовых квасцов, сернокислого натрия и воды, при плотности тока 40 А/дм², при температуре, равной 30° С. Эти способы, однако, в практике оказались неудобными.

Несколько более успешными были опыты с применением сернокислых солей хрома. Применялся следующий процесс: при содержании сернокислого хрома 100 г в 1 л воды, анодах из хрома и платиновых катодах, плотности тока 8 А/дм², при напряжении 10 В выход по току достигал 70%.

Электролизом хромовой кислоты занимались Гетхер, Бартоли и др. еще в 1883 г. Они констатировали получение металлического хрома при данном процессе.

Пляе и Бонне в 1894 г. сделали важное открытие: для успешности электролиза хромовой кислоты необходима рыночная, а не химически чистая хромовая кислота. То же подтвердил Резе в своих опытах в 1899 г. То же констатировали в своих опытах Карвез и Геффри. Этими исследователями было отмечено слабое действие на процесс осаждения металлического хрома добавок KCl, HNO₃ и т. п.

В 1909 г. уже была отмечена особая практичность хромовой кислоты как электролита и среди добавок к ней указывалась серная кислота в виде сернокислого хрома Cr₂(SO₄)₃ и трехвалентная окись хрома (Cr₂O₃). Тогда же указывалось, что изменение отношения $\frac{CrO_3}{Cr_2O_3}$ влечет за собой изменение блеска осадка.

Поворотным пунктом в деле применения электролиза хромовой кислоты нужно считать опубликование работ Саржента в 1920 г. Саржент рекомендовал ванну из крепкого раствора хромовой кислоты (CrO₃ от 250 до 300 г/л) с прибавлением небольшого количества сернокислого хрома, Cr₂(SO₄)₃. В этой ванне были получены хорошие, блестящие осадки хрома, но в эксплуатации она была крайне капризна.

В 1923 г. Херинг рекомендовал ванну следующего состава: 250 г хромового ангидрида CrO₃ и 3 г сернокислого хрома Cr₂(SO₄)₃ на 1 л воды. Для поддержания постоянного содержания хромата хрома, образующегося в процессе восстановления хромовой кислоты, он рекомендовал отношение поверхности анода к катоду, равное 2. Путем изменения этих поверхностей и температуры представлялось возможным получать различные осадки хрома: 1) матовый от темного до слабо серого, 2) блестящий гладкий, 3) синева-матовый. Исследованиями Саржента,

¹ Подробно см. Лайнер, Хромирование металлов, Цветметиздат, стр. 44, табл. 4, 1932.

Херинга, Барроу, Шнейдвинда¹ и др. были установлены пределы нормальных концентраций составных частей ванны, их взаимная зависимость, влияние накапливаемых в ванне продуктов электролиза и пр.

По их исследованиям было установлено, что для гальванического хромирования наиболее пригодна концентрация хромового ангидрида в пределах между 100 и 500 г/л. Многими преимуществами обладает ванна со средним содержанием—250 г/л. Эта ванна, по их исследованиям, обладает достаточной проводимостью при применении тока сравнительно невысокого напряжения (6—9 V), лучшим выходом хрома, чем в более концентрированных ваннах, и более широким интервалом температур и плотностей тока для получения блестящих осадков. Эта ванна, и даже более разбавленная, рекомендовалась для хромирования инструментов, лекал и калибров. Для остальных изделий рекомендовались более концентрированные ванны (350—400 г/л), которые в виду лучшей проводимости имели значение для однородности покрытия блестящим слоем изделий, имеющих сложный рельеф (лучшая работа в глубину). Эти исследования показали также, что содержание в хромовой ванне сернокислого аниона SO_4^{--} представляет важный фактор в работе хромовой ванны. Изменение содержания сернокислого аниона влияет на выход хрома, режим процесса и качество отлагающегося слоя. Данные исследования показали, что наиболее благоприятное для выхода тока содержание SO_4^{--} в ванне не постоянно, а изменяется в зависимости от концентрации хромового ангидрида в ванне.

Отмечено также, что благоприятное соотношение между содержанием хромового ангидрида и серной кислоты одинаково для всех концентраций.

При введении аниона SO_4^{--} в виде серной кислоты, H_2SO_4 , это благоприятное соотношение выражается следующим образом:



Следовательно, наиболее благоприятное содержание серной кислоты по отношению к хромовому ангидриду будет 1%. Практически допустимые пределы концентрации H_2SO_4 по отношению к хромовому ангидриду были определены в пределах от 0.8 до 1.25%. Таким образом, если взять наиболее выгодную по выходу и условиям работы ванну с концентрацией хромового ангидрида в 250 г/л, то содержание в ней серной кислоты должно быть 2.5 г в 1 л воды. В ванну с концентрацией ангидрида в 350 г/л следует ввести 3.5 г серной кислоты (включая и то количество ее, которое может быть в хромовом ангидриде в качестве примеси). При этом было установлено, что внешний вид отлагающегося хрома сохраняется для довольно широкого интервала содержания серной кислоты. Например, для ванны 250 г/л это имеет место при изменении концентрации H_2SO_4 от 1.5 до 6.5 в 1 л, для ванны в 350 г/л это наблюдается в интервале от 2 до 9 г/л H_2SO_4 на 1 л.

По работам Ленинградского института прикладной химии было установлено, что твердость отлагаемого хрома получается, выше из

¹ „Engineer. Research Bull.“, 1928.

растворов с большим содержанием серной кислоты. Такие ванны рекомендовались для тех случаев, когда требуется наивысшая твердость, хотя и в ущерб выходу.

Увеличение содержания серной кислоты нежелательно в виду накопления при продолжительном электролизе хромата хрома, который, наоборот, уменьшает выход тока и рабочий интервал. Поэтому рекомендовалось для получения слоя хрома большой твердости, которая объяснялась поглощением при хромировании водорода, идти по пути увеличения плотности тока и повышения температуры ванны при сохранении наивыгоднейшего содержания H_2SO_4 . В этом случае можно получить тот же характер отложения хрома, сохраняя большой выход без ущерба для работы ванны. Следует отметить, что таким способом нельзя получить слоев большой толщины в виду склонности их к отслаиванию. С течением времени наблюдается также потеря хромовым слоем водорода и образование пористости. В этом отношении желательно проведение дальнейших исследовательских работ.

Кроме прибавки сульфатов в хромовую ванну, по опытам Карве и Кюрре, могут употребляться нитраты, фтористые соединения, фосфаты и борнокислые соли.

Также было установлено, что, кроме хромового ангидрида и серной кислоты, обычно составной частью хромовой ванны является соединение трехвалентного хрома Cr_2O_3 , который находится в ванне в виде сернокислого хрома или хромата $Cr_2(CrO_4)_3$ и бихромата $Cr(HCrO_4)_3$. Это соединение вводилось при приготовлении ванны в виде сернокислого хрома (реп.ты Саржента и Грубе) или образовывалось во время электролиза. В случае употребления для приготовления ванны хромового ангидрида и свободной серной кислоты в ванне образуется в начале электролиза некоторое количество соединений трехвалентного хрома.

Обычно при правильной работе ванны быстро устанавливается равновесие составных частей, хорошо сохраняющееся в течение многих месяцев. Поэтому не проработанная под током ванна вначале работает не так хорошо, но с установлением равновесия через короткое время она приходит в нормальное рабочее состояние.

Если рассмотреть список главнейших патентов, приведенных в книге В. И. Лайнера [1, стр. 44, табл. 4 и стр. 42], то разнообразие предложенных хромовых ванн можно привести к классификации, предложенной Херингом и Барроу, которая основана на характере добавок к хромовой кислоте:

- | | | |
|----------------------------------|---|------------------|
| 1. „Кислые ванны“ | { | Хромовая кислота |
| | { | Серная кислота |
| 2. „Нейтральные ванны“ | { | Хромовая кислота |
| | { | Хром сернокислый |
| 3. „Основные ванны“ | { | Хромовая кислота |
| | { | Хром сернокислый |
| | { | Хром-хромат |

Все эти ванны имеют резко выраженную кислую реакцию и название „нейтральной“ или „основной“ можно давать им лишь условно, в зависимости от характера добавок.

Имеющийся в продаже „хромовый ангидрид“ обычно содержит в виде примеси то или иное количество серной кислоты. SO_4 находится также в продажном углекислом хроме в количестве до 16% в пересчете на сернистый хром. Изучение всех трех типов ванн показало почти полную их идентичность не только, так сказать, теоретическую, но и практическую. Например, температурные интервалы для получения блестящих осадков, а также выход тока совпадают для всех трех типов ванн.

Рекомендуемые некоторыми авторами ванны с так называемой связанной хромовой кислотой не имеют никаких преимуществ перед ваннами обычного состава.

В определенных количествах хром и хромат, образующиеся в ванне в процессе электролиза, не вредны. При накоплении их в больших количествах увеличивается сопротивление электролита. Изучение вышеуказанных составов ванны показало удобство применения ванны с одной свободной хромовой кислотой.

Из других анионов особый интерес в последнее время возбуждает фторид-ион. Фтористые ванны уже при комнатной температуре (18—22°C, холодное хромирование) могут давать блестящие осадки хрома, в то время как ванны с серной кислотой дают технически пригодные блестящие осадки только при повышенной температуре электролита. Ванны с анионом фтора имеют гораздо лучшую рассеивающую способность и работают значительно лучше в глубину. Кроме того, эти ванны дают возможность применять гораздо меньшие плотности тока. Препятствием к широкому внедрению в промышленность фтористых ванн является тенденция этой ванны давать на поверхности осаждаемого металла точечные наросты. В настоящее время ведутся довольно успешные работы по усовершенствованию работы данных ванн, и можно надеяться на дальнейший успех в этом деле.¹ Следует особо подчеркнуть отрицательное действие азотной кислоты на работу хромистой ванны. Азотная кислота часто сопутствует хромовому ангидриду, и при значительном ее содержании освободиться от нее довольно трудно; вести же электролиз при содержании азотной кислоты около 1% практически невозможно.

В итоге всех научно-исследовательских работ, частично и весьма кратко изложенных выше, и практической проверки на производстве, главным образом на американских предприятиях, можно считать установленным, что для успешной работы хромовой ванны главным условием являются правильная концентрация хромового ангидрида и точное соотношение между ним и содержанием в ванне H_2SO_4 , которая может быть взята в свободном виде или в виде сернистого хрома. Все остальные предлагаемые добавки не имеют существенного значения для работы ванны, как нецелесообразны и всякого рода замены серной кислоты. Также не следует допускать значитель-

¹ В СССР большие работы в этой области ведутся центральной лабораторией объединения „Металлохимзащита“, инж. Бирюковым; за границей заводы Форда применяют фтористые ванны.

ного накопления в ванне трехвалентного хрома и солей железа. Всякого рода кислоты и их соли крайне вредно влияют на хромовую ванну. H_2SO_4 можно прибавлять только в указанных выше малых количествах, так как ее избыток уменьшает и совершенно прекращает выход хрома. Таким же образом действует и уменьшение ее количества ниже указанных пределов.

Основные положения современной теории электролитического хромирования. Сущность процесса электролитического хромирования до настоящего времени является предметом дискуссий. Кратко выводы из главнейших теорий сводятся к следующим положениям.

Ряд исследователей полагал, что при хромировании происходит непосредственный разряд ионов шестивалентного хрома (Cr^{VI}), которые образуются в растворе в присутствии H_2SO_4 , способствующей образованию диссоциирующего шестивалентного хромового сульфата. Действие H_2SO_4 сводится к повышению концентрации ионов Cr^{VI} .

Другие исследователи объясняют процесс хромирования как процесс катодного восстановления хромовой кислоты (Саргент, Мюллер, Либрейх).

Саргент полагал, что вначале выделяется тонкий окисный слой металла и затем путем восстановительного процесса, который происходит внутри этого слоя, идет осаждение металлического хрома.

Либрейх (теория промежуточного восстановления хромовой кислоты) придерживался следующей схемы процесса: шестивалентный хром (хромовый ангидрид CrO_3) восстанавливается до трехвалентного — окиси хрома (Cr_2O_3), трехвалентный восстанавливается до двухвалентного и уже последний — до металлического хрома. В этих процессах восстановителем является водород, и весь процесс получения металлического хрома через электролиз хромовой кислоты является следствием вторичной реакции.

Мюллер¹ (теория непосредственного восстановления) указывает на присутствие особой диафрагмы, представляющей окисный слой хрома, окружающего катод. Для восстановления хромовой кислоты необходимо разрыхление диафрагмы и проникновение ионов серной кислоты. По теории Мюллера, это происходит следующими способами: через механическое действие водородных ионов, путем химического воздействия SO_4^{2-} и, наконец, комбинированным действием обоих факторов (механизм этих явлений довольно сложен и здесь не приводится; интересующимся данным вопросом мы рекомендуем литературу, указанную в сноске на этой странице).

Предполагается, что электролиз с образованием металлического хрома происходит с хромовокислым хромом ($CrCrO_4$), составляющим эту диафрагму. В чистой хромовой кислоте эта диафрагма не срывается водородом и поэтому не происходит восстановления хро-

¹ Более подробно см. Weiner R., Zur Theorie der elektrolytischen Verchromung, III, Z. f. Elektrochemie, 1937, X, Bd. 43, № 10, 808—12; Müller, Z. f. Elektrochemie 1937, Bd. 43, 361.

модой кислоты. В присутствии ионов серной или азотной кислоты (SO_4^{2-} , NO_3^-) эта диафрагма прорывается и наблюдается восстановление и осаждение металлического хрома.

На нерастворимых анодах происходит исключительно выделение анионов или образование окисных соединений на поверхности анода. Когда в растворе присутствуют ионы металла, способные давать различные степени окисления, на аноде образуются соединения высшей степени окисления (окисление трехвалентного хрома в шестивалентный).

ОСНОВНЫЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ В ПРОЦЕССАХ ХРОМИРОВАНИЯ, И СВОЙСТВА СОВРЕМЕННЫХ ХРОМОВЫХ ВАНН

Процесс, связанный с прохождением электрического тока через какой-либо жидкий раствор, называется электролизом. Растворы, способные проводить электрический ток, называются электролитами.

По современному понятию эти растворы состоят из молекул, которые обычно диссоциированы (расщеплены) на две части или более¹. Эти части молекул называются ионами и несут на себе электрические заряды противоположного знака, а молекула в целом электрически нейтральна.

Части диссоциированной молекулы, заряженные положительно, под действием электрического тока направляются к отрицательному полюсу, называются катионами и обозначаются знаком $\oplus$. Частицы молекул, несущие отрицательный заряд, направляются под влиянием тока к положительному полюсу, называются анионами и обозначаются знаком $\ominus$. В простейшем случае ион представляет собой атом, несущий заряд: $\text{K}^\oplus$, $\text{H}^\oplus$, $\text{Cl}^\ominus$, $\text{J}^\ominus$ и т. п.

Положительные заряды несут ионы металлов, водорода и групп, им соответствующих в солях, например, $\text{NH}_4^\oplus$. Галоиды, гидроксил-ион, кислотные остатки, как SO_4^{2-} , NO_3^- , PO_4^{3-} , несут отрицательный заряд. При электролизе в гальваностегии большую роль играют комплексные ионы, положительные и отрицательные. Например, $\text{KAg}(\text{CN})_2$ дает анион $\text{Ag}(\text{CN})_2^-$, который диссоциирует затем по схеме $\text{Ag}(\text{CN})_2^- \rightleftharpoons \text{Ag}^\oplus + 2(\text{CN})^\ominus$. В тех случаях, когда комплексные ионы могут диссоциировать на простые ионы, могут быть выделены металлы, входящие в них. При гальванических процессах катодами служат предметы, а анодами часто служит металл, которым покрываются предметы. В особых условиях применяются так называемые нерастворимые аноды, например свинцовые или из гартблея. Химическое действие электрического тока прямо пропорционально (закон Фарадея) количеству электричества, протекающего через данный электролит, т. е. силе тока, помноженной на время. При прохождении электрического тока через какой-либо электролит

¹ Для детального ознакомления с электролитическими покрытиями вообще рекомендуются следующие руководства: Ваймаков Ю. В., Электролитическое осаждение металлов; Изгарышев Н. А., Электрохимия и ее техническое применение (изд. 1928 г.); Pfannhauser, Galvanotechnik; Тейтельман Д. И. [142, стр. 5—21]; Биллигер [84]; Лайнер и Кудрявцев [35].

Количество выделившегося вещества пропорционально его эквивалентному весу. Обыкновенно для выделения из электролита нужного вещества используется не все количество электричества.

Отношение практически полученной величины к теоретически вычисленной, выраженное в процентах, называется выходом тока.

Например (Лайнер, стр. 7), если за полчаса при силе тока в 10 А/дм^2 в растворе хромовой кислоты высадилось 0,25 г металлического хрома, то выход тока будет равняться

$$\frac{0,25 \times 6 \times 26,8 \times 100}{52 \times 10 \times 0,5} = 15,46\%$$

где 52—атомный вес хрома, 6—валентность хрома, 26,8—число Фарадея, выраженное в ампер-часах.

Плотностью тока называется сила тока, приходящаяся на единицу покрываемой поверхности. Обычно плотность тока выражается в амперах на квадратный дециметр (А/дм^2).

Концентрацией тока называется сила тока, приходящаяся на единицу объема электролита.

Электропроводностью электролита называется способность последнего проводить электрический ток. Обычно часть электрической энергии поглощается сопротивлением электролита и превращается в тепло. В переносе электричества принимают участие исключительно ионы. Поэтому чем более ионизирован электролит, тем легче он будет проводить электричество и тем более электропроводным будет электролит.

Удельной электропроводностью называется величина, обратная сопротивлению 1 см^3 электролита, выраженная в обратных омах.

Числами переноса называются величины, характеризующие относительную скорость передвижения аниона и катиона.

Электропроводность электролита будет зависеть от концентрации присутствующих в нем ионов и скорости их движения в электрическом поле. С повышением температуры электропроводность возрастает, так как скорость переноса ионов при этом всегда увеличивается.

Одним из важнейших показателей пригодности хромовой ванны того или иного состава является способность ванны хорошо работать „в глубину“ и ее „рассеивающая“ способность.

Под работой ванны в глубину, или кроющей способностью ванны, подразумевается способность электролита покрывать углубленные места поверхности хромируемого изделия слоем определенного качества, независимо от его равномерности по толщине.

Рассеивающая способность есть способность электролита давать осадки хрома, равномерные по толщине, независимо от его способности покрывать углубления.

Электролиты могут быть с хорошей и плохой работой в глубину и плохой и хорошей рассеивающей способностью.

Работа ванны в глубину тесно связана с размером рабочего интервала электролита. Последний зависит от состава электролита и температуры процесса хромирования.

Под рабочим интервалом электролита понимают интервалы плотностей тока при соответствующих температурах, при которых получают осадки хрома требуемой структуры (хром блестящий, „молочный“ и т. п.).

В виду того что чаще всего применяются блестящие осадки хрома, обычно за рабочий интервал электролита принимается интервал плотностей тока, при которых получается блестящий осадок хрома. Это не исключает возможности для некоторых видов хромирования рабочим интервалом считать интервал для выхода „молочного“ хрома и т. п.

Рассеивающая способность электролита определяется степенью равномерности осадков хрома по толщине при различных плотностях тока.

Толщина слоя хрома зависит от количества электричества, прошедшего через единицу площади катода, и от выхода хрома по току.

Как мы видели из предыдущего изложения, наиболее распространенными для хромирования электролитами являются в настоящее время водные растворы хромового ангидрида с небольшим количеством серной кислоты. Поэтому рассмотрим кратко влияние концентрации хромового ангидрида ванн на работу их в глубину и влияние его на рассеивающую способность этих ванн.

Исследованиями установлено, что повышенная концентрация хромовой кислоты в электролите улучшает работу ванны в глубину, но ухудшает ее рассеивающую способность. Поэтому для изделий со сложным профилем применяют ванны с повышенной концентрацией хромовой кислоты (например, 350 г/л CrO_3 , 500 г/л CrO_3 и т. п.). При этом приходится принимать специальные меры, улучшающие равномерность распределения плотности тока по поверхности хромируемых изделий.

Электролиты с низкой концентрацией хромовой кислоты (150 г/л CrO_3 и т. п.) обладают гораздо лучшей рассеивающей способностью и их рекомендуется применять для нанесения равномерных слоев хрома на изделиях с несложным профилем. В качестве промежуточной, „универсальной“ ванны применяют ванну со средней концентрацией хромовой кислоты (250 г/л). Эта ванна обладает средней рассеивающей способностью и средней работой в глубину.

Весовое соотношение хромового ангидрида и серной кислоты, как мы видели выше, должно при всех концентрациях быть порядка 100:1 (10% по весу).

Разрушающее действие на изоляцию (целлулоид, резина и т. п.) значительно меньше у ванн с меньшей концентрацией ангидрида.

Потери хромового ангидрида (составляющие примерно 60% общего расхода) меньше для ванн 150 г/л CrO_3 , чем для более концентрированных.

Частота корректировки ванны хромовым ангидридом несколько больше в низкопроцентной ванне (150 г/л CrO_3).

Напряжение генератора в низкопроцентной ванне сравнительно более высокое. При напряжении генератора в 6 В максимальная

плотность тока будет 25 А/дм². Учитывая же толчок, который дается при начале работы, напряжение должно быть порядка 9 В.¹

Температура электролита. При температурах ванны выше 50° С рабочий интервал (и работа в глубину) увеличивается при понижении концентрации хромовой кислоты до некоторого предела. При температурах ниже 50°/о С, наоборот, рабочий интервал возрастает с повышением концентрации.

При температурах электролита около 50° С концентрация хромовой кислоты не оказывает заметного влияния на рабочий интервал. Более концентрированные электролиты дают блестящие осадки хрома при более низких температурах (при равных плотностях тока). Температура электролита при прочих равных условиях влияет также на структуру хромового слоя (фиг. 1),² а следовательно, и на его физические свойства.

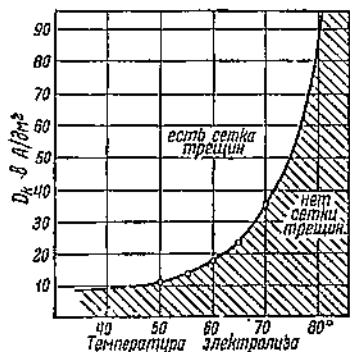
Концентрация сернокислого иона в электролите, как указывалось выше, имеет сильное влияние на работу ванны в глубину, на выход по току, на размер рабочего интервала и на рассеивающую способность электролита.

Кривые выхода хрома по току при осаждении хромовокислых ванн (по данным Херинга и Барроу, пересчитанным Н. П. Лапиным и Л. Н. Гольц) представлены на фиг. 2 и 3.

Из этих данных видно, что электролит с минимальной концентрацией хромового ангидрида и отношением концентрации хромового ангидрида к сернокислому иону, равным 100, является оптимальным.

Применение электролитов с концентрацией хромового ангидрида ниже 100 г/л воды нецелесообразно вследствие: 1) большого сопротивления электролита, которое заставляет применять для нужной плотности тока большие напряжения, 2) увеличения частоты корректирования состава ванны, 3) малой сплошности хромовых осадков.

Величина концентрации сернокислого иона влияет, помимо указанного, на сплошность хромовых осадков и способность к отслаиванию их при нанесении хромового слоя на ранее нанесенный хром. Максимум выхода хрома по току, как указывалось выше, соответствует отношению $\frac{CrO_3}{SO_4^{''}} = 100$. При отношении выше 100 улучшается рас-



Фиг. 1. Граница осадков хрома, имеющих и не имеющих сетки трещин.

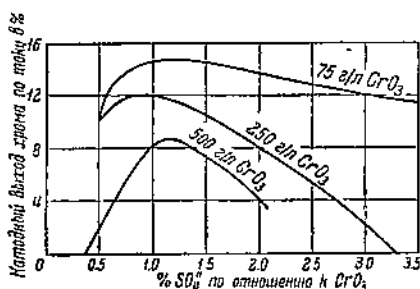
¹ При применении так называемых „анодно-катодных“ приспособлений удастся получить гораздо более высокие плотности тока, чем при обычных приспособлениях, при одном и том же напряжении тока (минимальное расстояние между электродами).

² Иллюстрации заимствованы главным образом из трудов Ю. В. Федорова, Н. П. Лапина, И. Я. Богорада, Н. А. Соловьева, бюллетеня „Коррозия и борьба с ней“, карт Техсо и отчетов заводов N и NN.

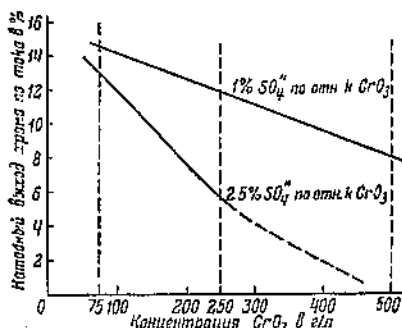
сеивающая способность электролита, уменьшается выход по току, и хромовые осадки имеют малый блеск. При соотношении ниже 100 улучшаются сплошность покрытия и блеск осажденного слоя, снижается выход по току (при прочих равных условиях) и рабочий интервал для блестящих осадков.

Наличие в электролите трехвалентного хрома, как мы видели, неизбежно в результате восстановления хромовой кислоты на катоде.

Концентрация трехвалентного хрома в электролите является функцией продолжительности работы электролита, концентрации хромового ангидрида, плотности тока и температуры электролита. Обычно чрезмерное накопление трехвалентного хрома является резуль-



Фиг. 2. Выход хрома по току при осаждении из хромовокислых ванн (по данным Херинга и Барроу, пересчитанным Лапиным и Гольц). D_k и t° электролита константны.



Фиг. 3. Выход хрома по току при осаждении из хромовокислых ванн (по данным Херинга и Барроу). D_k и t° электролита константны.

татом неправильного режима хромирования. Повышение концентрации трехвалентного хрома суживает предел рабочего интервала для блестящих осадков и понижает электропроводность электролита. Нормальным считается содержание Cr_2O_3 в электролите в пределах от 2 до 5 г на 1 л воды.

Хромовокислые электролиты, приготовленные растворением хромового ангидрида и серной кислоты в воде, являются наиболее удобными для практического применения благодаря простоте приготовления, контроля и корректирования.

Катодная плотность тока выбирается в зависимости от ряда условий. Обычно применяется катодная плотность тока в пределах от 10 до 50 А/дм² при температуре около 50° С. В настоящее время имеется тенденция к увеличению плотности тока, главным образом для увеличения износоупорности хромового покрытия, пропускной способности ванны и сокращения времени хромирования. Новая хромировочная мастерская Горьковского автозавода, например, спроектирована (данные 1937 г.) с учетом возможности работать при катодной плотности тока в 110 А/дм² и с расчетом увеличения производи-

ности ванн в 2,5 раза. При выборе катодной плотности тока большое значение может иметь ее влияние на физические свойства отлаженного хрома, в частности на способность его противостоять износу.

Подробности современного состояния исследований в данной области будут приведены нами в разделе о физико-механических свойствах хрома. Здесь же можно отметить, что исчерпывающих данных по данному вопросу пока нет. По данным Пирсола, например, наилучшей катодной плотностью тока в отношении стойкости хромового слоя против износа (при прочих равных условиях) является плотность в 62 А/дм^2 , при которой относительная твердость, характеризующая износ, выражается цифрой 43; при 31 А/дм^2 это число равняется 6 и при 109 А/дм^2 —23. В то же время в работах Гранта наивысшая твердость получилась для хромового слоя, осажденного при плотности в 33 А/дм^2 и при температуре 45°C . В работах Эйснера указана и другая зависимость твердости—от температуры. Так, например, для каждой температуры имеется своя максимум твердости. Некоторыми же другими работами не были установлены максимумы твердости, а было выведено заключение, что увеличение плотности тока, как правило, увеличивает твердость.

Следует отметить, что из всех этих работ трудно вывести заключение об оптимальной катодной плотности тока.

Из рекомендуемых катодных плотностей укажем данные конференции по хромированию (1937) ГАЗ и еще одного завода.

1. Конференция по хромированию. Класс 3 (инструмент, штампы и т. п.): рекомендуются осадки „молочные“, не имеющие сетки трещин. Электролит— 150 г/л CrO_3 . Катодная плотность тока— 20 — 25 А/дм^2 . Температура— 65 — 68°C .

2. ГАЗ. Состав ванн— 250 г/л CrO_3 . Катодная плотность тока $D_k = 45$ — 60 А/дм^2 . Температура— 48 — 52°C . При проектировании новой мастерской, как указывалось выше, плотность тока взята 110 А/дм^2 .

3. Концентрация ванны— 140 г/л CrO_3 . Катодная плотность тока— 62 А/дм^2 . Температура— 60°C .

В данной области необходимо проведение тщательно поставленных опытов с учетом всех ранее проделанных работ.

Анодная плотность тока устанавливается с расчетом уменьшения накопления в электролите трехвалентного хрома. Обычно ее устанавливают вдвое меньше катодной при соотношении поверхности анода к катоду, равном 2:1.

Проработка электролита током. При нанесении точных по толщине слоев хрома особое значение имеет предварительная проработка электролита током. Эта проработка обеспечивает получение осадков хрома нужного качества и дает возможность получить постоянное выходов по току.

Обычно считается достаточным, если при проработке электролита исходят из расчета затраты от 25 до 50 Ач на 1 л раствора.

Проработка током требуется и в случае, когда электролит долгое время не работал.

Опыты ряда исследователей показали, что хромовые электролиты с одинаковой концентрацией хромового ангидрида и сернистого

иона, содержащие трехвалентный хром в виде соединений различной модификации или не содержащие его, в начале проработки ванны током дают (при прочих равных условиях) различные выходы по току, а также могут давать осадки хрома различной структуры.

ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ХРОМОВОГО ПОКРЫТИЯ И ИХ ЗАВИСИМОСТЬ ОТ РЕЖИМА ХРОМИРОВАНИЯ

К наиболее важным физико-механическим свойствам хромового покрытия следует отнести: 1) твердость, 2) сопротивление износу, 3) прочность сцепления покрытия с изделием (основным металлом), 4) вязкость, 5) механические напряжения в слое хрома. Чтобы лучше изучить вышеуказанные свойства хромового покрытия, необходимо предварительно рассмотреть его микроструктуру и ее связь с режимами хромирования.

1. Структура хромового гальванического покрытия

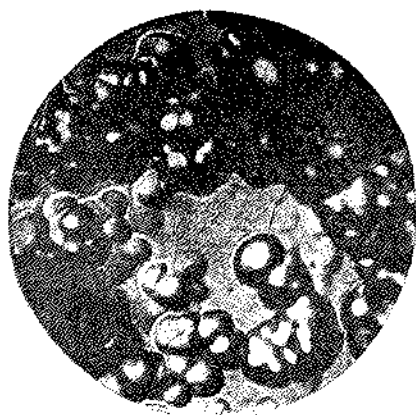
Различают следующие главные виды светлого хромового слоя, обладающего различной структурой: 1) „матово-серый“ осадок, обладающий сеткой трещин, 2) „блестящий“ осадок, обладающий сеткой трещин, и 3) матово-опалесцирующий, „молочный“ осадок, не имеющий сетки трещин.

„Матово-серый“ осадок хрома показан на фиг. 4 и 5. Микрофотография фиг. 4 представляет нетравленную поверхность хромового слоя. Крупные скопления кристаллических наплывов создают впечатление „матовости“ или „серости“ осадка. На фиг. 5 представлена та же поверхность, но протравленная соляной кислотой после полировки. В данном случае мы видим, что матово-серый слой имеет сетку мелких трещин. Этот слой имеет значительную твердость по Мартенсу (1,63).

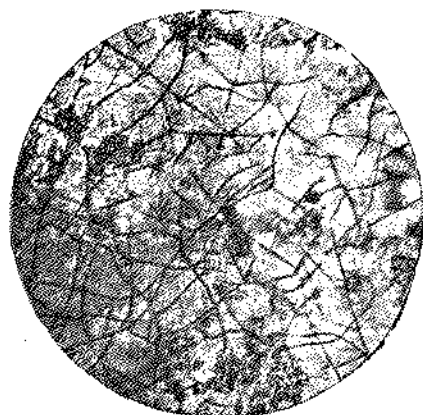
На фиг. 6 и 7 приведена микрофотография блестящего хромового слоя. Трещины этого слоя имеют другой характер (одна покрывает другую, еле заметную). На микрофотографии фиг. 8 показано поперечное сечение осадка, из которого видна его слоистость. Трещины этого слоя обычно не достигают основного металла. Твердость по Мартенсу — 1,46.

На фиг. 9 и 10 показана поверхность так называемого „молочного“ осадка. На этих микрофотографиях видно, что всю поверхность покрывают мелкие кристаллы, придающие ей опалесцирующе-молочный цвет. По толщине данный вид хромового покрытия состоит из двух слоев: нижнего — более тонкого и верхнего — более толстого (фиг. 11). Структура хрома этого отложения — мелкозернистая, с вытянутыми по направлению действия силовых линий кристаллами. Твердость по Мартенсу — 1,13 (наименьшая).

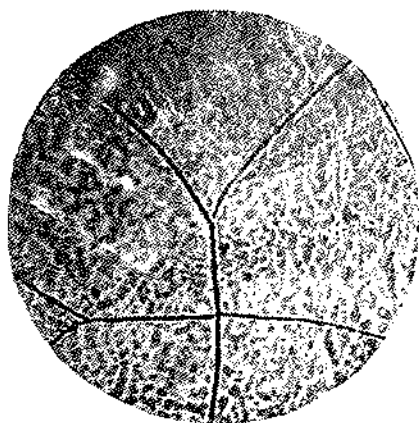
Повышенная плотность тока вызывает крупнослойность (фиг. 1; осадок хрома пониженной твердости при введении в электролит серно-кислого никеля).



Фиг. 4. Матово-серый осадок хрома—
нетравленный микрошлиф.



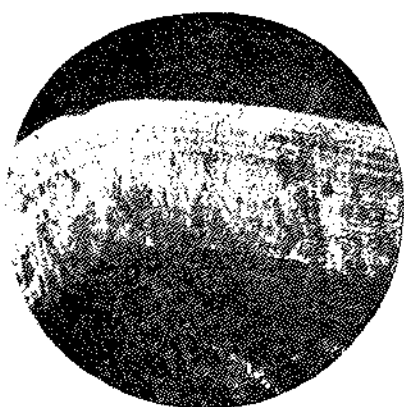
Фиг. 5. То же, что и фиг. 4; протра-
влено после полировки.



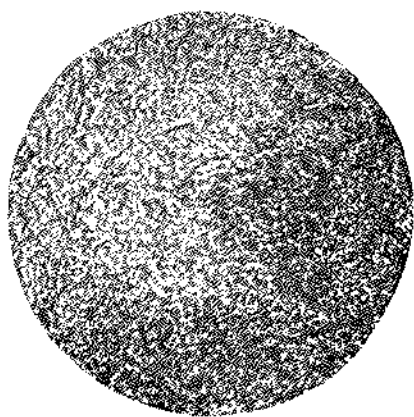
Фиг. 6. Микроструктуры блестящего
осадка хрома.



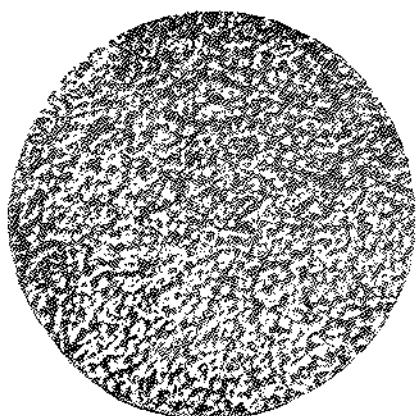
Фиг. 7. То же, что и фиг. 6.



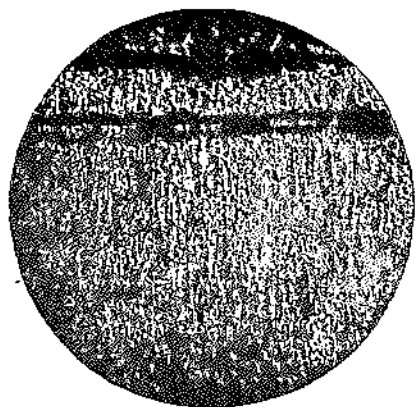
Фиг. 8. Поперечное сечение блестящего осадка.



Фиг. 9. Микрофотография „молочного“ хромового покрытия.



Фиг. 10. Микрофотография „молочного“ хромового покрытия.



Фиг. 11. Микрофотография поперечного сечения „молочного“ осадка.



Фиг. 12. Микрофотография поперечного сечения слоя хрома, осажденного при повышенных плотностях тока.

На фиг. 1 приведена диаграмма, показывающая области получения вышеуказанных структур в зависимости от режимов хромирования. Например, режимы 50°C —10 А/дм², 60° —17 А/дм², 65° —22 А/дм², 70° —35 А/дм² обеспечивают получение слоев хрома без сетки трещин.

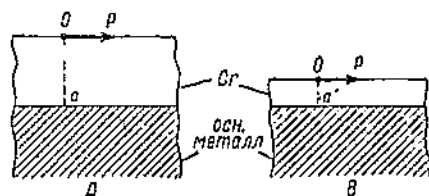
Блестящий хромовый слой имеет сетку трещин, повышенную твердость и хрупкость; этот слой (в сравнении с „молочным“) имеет плохую срабатываемость с основным металлом, большую напряженность и плохую эластичность. Средние допустимые удельные давления для блестящих осадков хрома без разрушения хромового слоя не должны превышать при сухом трении 25—30 кг/см² и при смазке 40—50 кг/см² (в среднем). В отдельных случаях эти цифры могут быть увеличены. Для „молочных“ осадков эти цифры могут быть удвоены, т. е. их можно считать в пределах 80—100 кг/см².

2. Силы, действующие на слой хрома, и напряжения, возникающие в нем

Если взять слой хрома различной толщины (фиг. 13) и рассматривать напряжения, возникающие в них под действием касательных сил, приложенных к их внешней поверхности, то при прочих равных условиях напряжения в хrome и особенно на границе его соединения с основным металлом будут тем больше, чем больше толщина хромового слоя. Очевидно, что если эти напряжения будут больше, чем силы сцепления хромового слоя с основным металлом, или сопротивления слоя хрома меньше силы, на него действующей, то произойдет отслаивание или более или менее сильное разрушение хромового покрытия. Обычно силы сцепления хромового покрытия с основным металлом превышают прочность самого зерна

хрома, и большей частью происходит разрушение хрома вследствие раздробления его зерен, а не отслаивание его от основного металла.

Для увеличения прочности толстых осадков хрома в случае воздействия на слой хрома больших касательных усилий следует применять хромовое покрытие, обладающее большей вязкостью. Напряжения, которые возникают в слое хромового покрытия под действием сил, нормальных к его поверхности, не увеличиваются с толщиной хрома. Величина напряжений, возникающих в слое осажденного хрома, зависит от величины тангенциальных усилий, приложенных к его поверхности. Эти усилия при трении определяются величиной нормального давления и коэффициентом трения, а последний в свою очередь зависит от качества и состояния трущихся поверхностей.



Фиг. 13. Схема влияния толщины хрома на напряжение в нем при одинаковых приложенных усилиях.

При одинаковой силе P в случае более толстого слоя хрома (А) напряжения в a будут больше, чем в a' (слой хрома тоньше В), так как плечо Oa больше $O'a'$.

Качество и состояние поверхности, её микроструктура, как мы видели, очень сильно зависят от режимов процесса хромирования. Чтобы качество хромового слоя было удовлетворительным во всех точках хромируемой поверхности, плотность тока на отдельных участках хромируемого изделия должна не превосходить расчетной. При обычных режимах и способах хромирования толщина таких покрытий, работающих на трение, не должна превосходить 0,03 мм. Для выравнивания толщины вышеуказанных хромовых осадков рекомендуется применять шлифовку, которая одновременно служит хорошим контролем качества полученного слоя. Для отслаивания хрома режим шлифования особого значения не имеет, так как слой хрома хорошего качества выдерживает довольно большие усилия от шлифования.

3. Твердость и сопротивление износу и методы их определения

Обычно о стойкости хромового покрытия против истирания судят по его твердости, и определению последней придают большое значение. Между тем это положение ошибочно: о сопротивлении износу хромового слоя по его твердости судить не всегда возможно. Правильнее придерживаться определения качества хромового покрытия путем выяснения его лучшей сопротивляемости износу в условиях, аналогичных условиям его действительной работы. Поэтому следует считать наиболее правильным подбор качества хромового покрытия для инструмента путем проверки его работы на инструменте в производственных условиях.

Для ознакомления с существующими методами определения твердости гальванических, в частности хромовых, покрытий приведем краткое описание главнейших из них, краткие выдержки из главнейших выводов исследователей по данному вопросу и свои соображения.

Испытания твердости хромового покрытия можно разделить на следующие виды: испытания по методу внедрения, испытания по методу царапания и испытания твердости при истирании (abrasion hardness).

Испытания по методу внедрения. Тонкость хромированного слоя, так же как и цинированного, представляет значительные трудности для испытания его твердости по способу внедрения. Для определения по Роквеллу при остром алмазе с углом 120° толщина испытуемого покрытия должна быть в 3,25 раза больше диаметра отпечатка. Хенкинс показал [8], что для пирамиды Виккерса с углом в 136° толщина слоя должна быть в 1,5 раза больше диагонали отпечатка. В последнее время в США предложен прецизионный прибор Кнуна [7],¹ в Германии — прибор Шоппера [9], Цейсса и ряд других. Показания этих приборов с успехом могут применяться при изучении твердости тонких слоев (менее 0,05 мм).²

¹ См. Соколов Ф. Ф., Цинирование быстрорежущих сталей и их хромистых заменителей в расплавленных цинистых слоях при низких температурах (ниже точки A_{c1}).

² В СССР также имеются конструкции приборов для определения микротвердости (проф. М. М. Хрущева — НАТИ и Академия Наук, НИИТМАШ, Е. М. Розенберга — Академия Наук), но они не вышли за пределы некоторых лабораторий.

Испытания по методу царапания. Ряд исследователей, например Хенкинс [8], Хэдфильд и Мэйн считают, что в основе этого метода лежит пластическое течение металла, а не абразивный эффект. К недостаткам способа следует отнести: 1) плохую сравнимость результатов определений на различных приборах, 2) неясность степени влияния основы на определения твердости покрытия, 3) незначительность изменения ширины царапины при изменениях твердости покрытия. Преимущества этого способа следующие: а) возможность легкого обнаружения местных колебаний твердости покрытия, б) возможность получения представления о динамическом сопротивлении покрытия [8], в) возможность определения твердости как тонких, так и толстых покрытий [10]. Следует отметить интересные работы в данной области О'Нейля [10].

При выборе соответственной формы острия О'Нейль определял твердость мягкого кадмиевого покрытия при толщине слоя не меньше 0,01 мм. О'Нейль предложил формулу для выражения числа твердости при царапании и кривую для перевода чисел твердости при царапании в числа твердости по Бринеллю.

Формула О'Нейля:

$$P_s = \frac{8z}{\pi w^2} \text{ кг/мм}^2,$$

где P_s — число твердости при царапании, z — давление на алмаз в килограммах, w — ширина царапины в миллиметрах. Размерность числа твердости по этой формуле представляет давление.

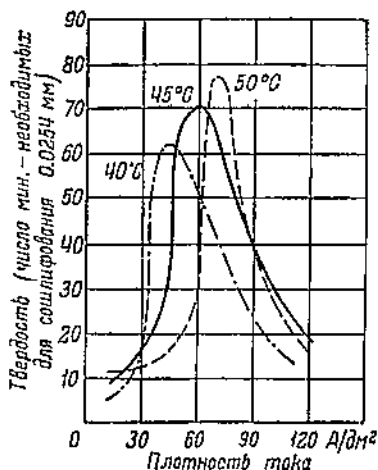
Хенкинс [8] указывает, что величина твердости по Бринеллю приблизительно обратно пропорциональна кубу ширины царапины.

Большую известность приобрели также приборы Мартенса и микрохарактеризатор Христофора Бирбаума. Определенный интерес представляют также работы инж. Розенберга [11], который предложил методы царапания, основанные на измерении длины царапины, наносимой на испытываемую поверхность острием, действующим под влиянием известного запаса энергии (пружинки, моторчика, снабженного реле времени и т. п.), или же на измерении сопротивления царапанию металла определенного объема. Таким образом, он предполагает получать характеристику испытываемого металла в виде удельной работы диспергирования в заданных условиях. Основным достоинством этого способа инж. Розенберг считает приближение с его помощью к условиям, аналогичным условиям действительной работы изучаемого слоя. Несомненно, эти соображения заслуживают полного внимания и мы считаем крайне желательным применение приборов инж. Розенберга при дальнейших исследовательских работах в данной области. Подробные сведения по данному вопросу можно найти в приводимой нами литературе.

Способ определения твердости при истирании (abrasion hardness) или сопротивления износу. Этот способ представляет большой интерес, так как приближается к воспроизведению явлений, происходящих при действительной работе испытываемых покрытий. В основе этого способа лежит отрыв от покрытия частиц металла с помощью абразивных или им подобных средств.

Для хромовых покрытий большой интерес представляет способ Пирсола [12]. Он применил наждачный круг диаметром 60 мм, вращающийся со скоростью 3,65 м/сек. Этот круг прижимался к испытуемому покрытию усилием в 1 кг. Единицей твердости образца Пирсону служило время, необходимое для шлифования до основы стандартного слоя покрытия толщиной 0,025 мм. Относительная ошибка определения не превышала 5%.

Аналогичным можно считать и способ определения твердости (вернее, износостойкости) поверхностного слоя на машине Шкода-Савина.¹



Фиг. 14. Влияние плотности тока и температуры на твердость хромовых покрытий.

Сюда же можно отнести способ Фрелиха [13], основанный на истирании покрытия специальной струей песка, и различные приборы, описанные у Кренига [14], действие которых основано на уменьшении толщины слоя при истирании. Эти все способы имеют характер качественных проб, приблизительно воспроизводящих условия службы покрытий.

Одновременно с определением твердости покрытий обычно можно судить и об их хрупкости на основании формы и вида краев отпечатка от наконечника прибора. Ряд исследователей указывает, что твердость электролитических покрытий возрастает от наличия в слое механических напряжений, неметаллических включений и присутствия водорода [15, 16, 17, 18].

Результаты работы различных исследователей по определению «твердости» хромовых покрытий в зависимости от условий их получения различны вследствие применения разных методов исследований.

Пирсол дает результаты своих исследований в виде таблицы, приведенной нами выше (табл. 1). Опыты проводились им в ванне состава: 250 г/л CrO_3 , 3 г/л H_2SO_4 , при температуре 49° С.

Здесь следует отметить, как мы указывали выше, громадное изменение износостойкости хромового покрытия при переходе от плотности тока в 49 А/дм² к плотности в 62 А/дм².

При применении прибора Бирбаума, для определения зависимости твердости хромового покрытия от параметров технологического процесса его получения наивысшие показатели твердости получаются при 33 А/дм² и 45° С (Грант). По работам Эйснера и других для каждой температуры дается свой максимум твердости (фиг. 14).

Некоторыми исследователями не были установлены максимумы твер-

¹ Журнал „Станки и инструмент“, 1937, № 4 и № 12, статьи проф. Савина; ряд его же статей за последние годы в немецких журналах (Werkstattst. и др.) и статья в Werkstattst., 1939, Н. 12 (июнь), стр. 301.

дости, а было выведено заключение, что увеличение плотности тока, как правило, увеличивает твердость хромового покрытия.

Исследование твердости и износоупорности хромовых осадков, проведенное в Советском Союзе, показало, что „молочный“ осадок дает меньший износ работающего с ним металла при износе „молочного“ хрома не больше блестящего, хотя твердость „молочного“ хрома меньше блестящего.

Имеются указания также и на то, что большое влияние на стойкость хромового слоя против износа оказывает, повидимому, тонкий, малозаметный, но исключительно твердый оксидный слой на поверхности хрома.

Таким образом, нужно считать, что в данной области существуют значительные разногласия, что износоупорность нельзя определять только через выявление поверхностной твердости и что при выборе оптимальных процессов следует прежде всего провести контрольные опыты с целью установления режимов хромирования, наиболее обеспечивающих максимальную работоспособность хромового покрытия для данного вида работ и инструмента. Большой интерес представляют соображения В. И. Архарова о применении — в качестве критерия износоустойчивости хромового покрытия — степени совершенства октаэдрической текстуры (см. Вестн. метал. № 10, 1940).

4. Определение прочности сцепления хромового покрытия с основным металлом

Способность хромового покрытия „срачиваться“ с основным металлом имеет чрезвычайно важное значение для работоспособности покрытия, особенно в режущем инструменте и штампах.

На эту способность хромового покрытия влияют следующие главные условия:

1. Природа металлов покрытия и основы. Считают, что сцепление тем лучше, чем более близки кристаллографически эти металлы (Финч и Кворэл [19]).

2. Тщательность очистки и полировки поверхности основы перед осаждением на нее хрома. Сцепление тем лучше, чем тщательнее очищена и отполирована поверхность основы (Жакэ [20], Хэтерсолл [21], Симболист [22]).

3. Выделение при электролизе водорода, которое ухудшает сцепление.

4. Деформация первоначально выделившегося слоя покрытия, ухудшающая его „срачивание“ с основой.

5. Внутренние напряжения в покрытии, сильно ослабляющие прочность его сцепления (Хэтерсолл).

Количественно прочность сцепления хромового слоя с основой измеряется величиной усилия, необходимого для отделения покрытия с единицы площади основы (Симболист [22], Хэтерсолл [21]). Эти усилия колеблются в чрезвычайно больших пределах.

Известные до сих пор методы определения прочности сцепления можно разделить на две группы: а) методы непосредственного опре-

делений и б) косвенные качественные испытания. К первой группе относятся методы Олларда и Жакэ.

Метод Олларда [21]. Цилиндрический пустотелый образец закупоривается воском. На конец цилиндра осаждается слой испытываемого покрытия толщиной не менее 2,5 мм. Затем определяют величину усилия, необходимого для отрыва кольца покрытия от цилиндра.

Недостаток метода — необходимость осаждения толстого слоя покрытия.

Метод Жакэ [20, 23]. Испытываемое покрытие осаждается на тщательно очищенную полоску стали (55×15 мм). Верхняя часть этой пластинки длиной в 5 мм предварительно погружается в раствор коллоида и затем обмывается. Оставшаяся тончайшая коллоидная пленка помешает покрытию прочно пристать к этой части пластинки. После электроосаждения покрытия верхняя его часть длиной в 5 мм легко отделяется от основы и загибается. К ней непосредственно или через рычажное устройство прикрепляется груз. Величину этого груза увеличивают до тех пор, пока покрытие не начнет отделяться от основы по всей длине. Средняя величина груза характеризует прочность сцепления. Толщина покрытия должна быть достаточной для предупреждения разрыва его от действия груза. С помощью этого приспособления Жакэ, например, определил, что состояние поверхности основы (степень полировки, ее чистота и т. п.) оказывает громадное влияние на прочность сцепления.

Методы второй группы — качественные испытания — основаны на использовании различного рода деформаций покрытий. Эти методы дают менее точные данные, но удобнее в применении. К этим способам следует отнести: 1) пробу на отставание покрытия при изгибе изделия; 2) пробу на выдавливание на приборе Эриксона, что дает представление об „эластичности“ покрытия (Крениг [14], Бенистер [24]); 3) пробу шариком Бринеля с наблюдением состояния покрытия вокруг отпечатка шарика, чем хуже сцепление, тем значительнее отлущивание вокруг отпечатка; Блэлл [25], Портван [17]); 4) для тонких пластин — испытание на растяжение (также характеризует эластичность покрытия); 5) использование разницы коэффициентов расширения хрома и основы путем подогрева изделия с покрытием, а затем погружения его в воду со льдом; способ хорош тем, что дает представление о качестве сцепления сразу по всей поверхности изделия (Портван [17], Символист [17]); 6) отрыв поверхностного покрытия от основы с применением зубил, плоскогубцев и т. п. (Хэтерсолл [21]); 7) применение микроскопа для изучения сцепления покрытия с основой на поперечных шлифах (Символист [22]).

Работы указанных исследователей обнаружили разную природу контакта на границе покрытия и основы. Иногда покрытие и основа обладают кристаллической непрерывностью, иногда между ними наблюдается слой включений.

Бюро стандартов США (Блюм [25]) провело испытание существующих способов определения прочности сцепления покрытий с основой

и наиболее наилучшим способ Олларда. Метод Жакэ признан более удобным, но менее надежным.

Лабораторные испытания „молочных“ и блестящих осадков на прочность срачивания слоя хрома с основой путем сжатия и разрыва хромированных образцов дали следующие результаты. Потери веса образца вследствие осыпания хрома при деформации основного металла оказывается неодинаковой. Потери веса блестящих осадков, имеющих сетку трещин, значительно больше, чем потери веса „молочного“ хрома: „молочный“ хром ($t=65^\circ$, $D_k=20-25$ А/дм²) потерял при испытании 5—16% своего веса, блестящий хром ($t=50^\circ$ С, $D_k=25-30$ А/дм²) потерял 20—30% веса и больше.

Результаты этого испытания позволяют сделать вывод, что „молочный“ хром более прочен, имеет меньшую хрупкость и более вязок.

5. Определение механических напряжений в хромовом покрытии

Механические напряжения возникают в металлопокрытии при ненормальных физико-химических условиях его электроосаждения. На практике это приводит к самопроизвольному отлущиванию покрытия.

Из способов определения механических напряжений в покрытиях укажем способ Мари и Тона [26], который осуществляется с помощью прибора, называемого „контрактометром“. Он состоит из резервуара с электролитом, в который вертикально помещены анод и катод, выполненный в виде гибкой пластинки толщиной 0.03—0.05 мм. Сторона катода, противоположная аноду, покрывается вазелином. При электроосаждении металла на катоде последний изгибается. Угол изгиба измеряется через микроскоп со шкалой при освещении катода сверху. В зависимости от свойств осадка катод изгибается в разные стороны. Мари и Тон вывели специальную формулу для вычисления механического давления, производимого на поверхность катода исследуемым покрытием. Они также показали, что степень сжатия покрытия уменьшается с повышением грубозернистости его металла (замедление изгибания катода). Ими было также установлено, что природа и состояние поверхности катода (основы) определяют величину и знак напряжений, возникающих в электроосажденном слое. С помощью этого прибора были изучены и другие явления. Например, Штэгер [27] нашел, что повышение температуры ванны или наложение переменного тока дает покрытие более крупнокристаллическое (уменьшение изгиба пластинки катода, уменьшение напряжений).

Кольшоттер и Виллемье [28] наблюдали не самый изгиб пластинки катода, а отклонение прикрепленного к ней тонкого стеклянного указателя. Для изучения структуры различно напряженных покрытий Гортвэн и Симболист [17] применяли микроскоп.

Из вышеприведенного краткого описания основных свойств хромированного слоя и современных методов их определения и изучения видно, что главнейшие физико-механические свойства хромового покрытия, а следовательно, и его работоспособность в изделии зависят от условий проведения процесса хромирования. Можно также конста-

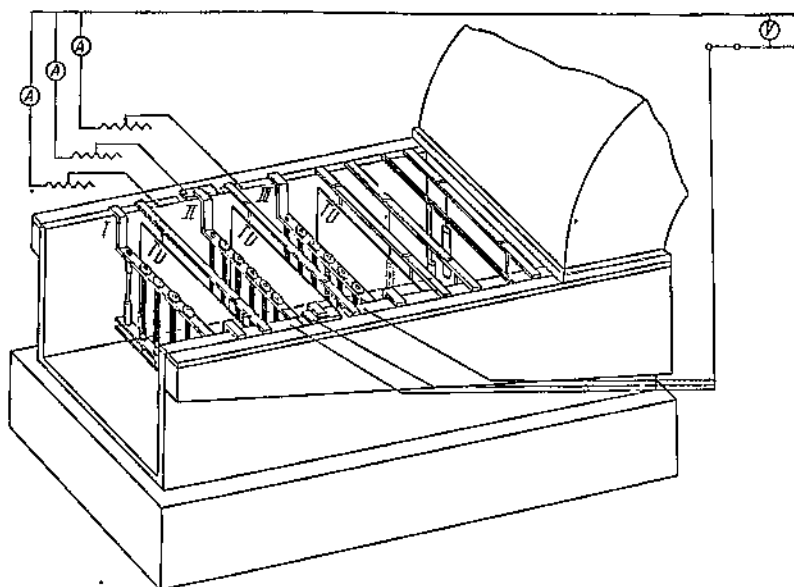
тирбовать, что современное изучение процесса хромирования недостаточно и что практика значительно опережает теорию.

Нужно считать, что для изучения отдельных неясных частей технологического процесса получения хромового покрытия на инструменте наиболее надежными являются испытания хромированных инструментов работой в лабораторных или производственных условиях.

Вопрос же установления надежных методов проверки его качества без испытания инструмента работой в значительной мере остается открытым. Поэтому особое значение приобретает организация правильного ведения и контроля технологического процесса хромирования.

СОВРЕМЕННЫЕ КОНСТРУКЦИИ ВАНН ДЛЯ ОДНОВРЕМЕННОГО ХРОМИРОВАНИЯ РАЗЛИЧНОГО ИНСТРУМЕНТА

В виду применения в современных технологических процессах хромирования высоких плотностей тока (свыше 60 А/дм^2) и в связи с этим сравнительно высоких температур электролита, особенно для

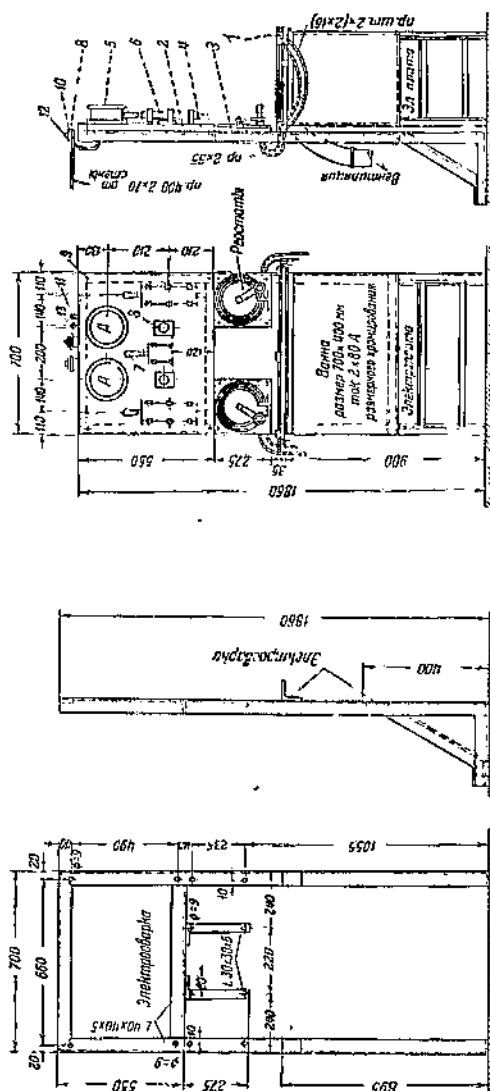


Фиг. 15. Рационализированный метод хромирования со схемой питания.

получения „молочного“ хрома, рекомендуется применять конструкции хромовых ванн схематический вид и электрооборудование которых показаны на фиг. 15 и 16.

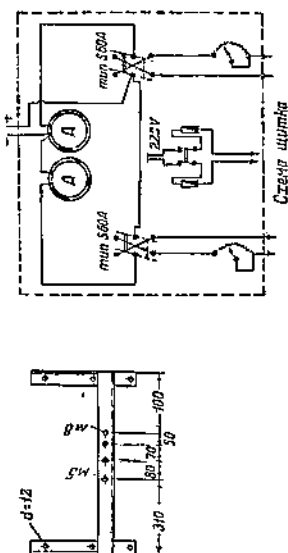
Ванна имеет обычные бортовые отсосы; кроме того, она заключается в специальный стеклянный вытяжной шкаф (на фигуре не показан), который удаляет дополнительно пары хромовой кислоты.

Этот шкаф препятствует также распространению паров хромовой кислоты и в нерабочее время.¹ Шины ванны разбиты на отдельные участки, изолированные друг от друга, с таким расчетом, чтобы имелась



Фиг. 16. Электрооборудование хромировальных ванн размерного хромирования.

1 — контакт шины; 2 — кармашок; 3 — реостат; 4 — амперметр; 5 — рубильник; 6 — переключатель; 7 — рубильник; 8 — предохранитель; 9 — болт М8, $l = 40$; 10 — ролик, $P = 40$; 11 — винт М10, $P = 25$; 12 — винт М10, $l = 50$; 13 — винт М5, $l = 30$.



возможность получить отдельные электроцепи для приспособлений с различными инструментами. В каждую из этих цепей включается реостат с амперметром, что позволяет устанавливать требуемую силу

¹ Следует также рекомендовать применение отдельной свинцовой рубашки в дополнение к обычному оцинкованию железной ванны.

тока для хромирования того или иного вида инструмента. Участки ванны с различными режимами хромирования разделяются текстолитовыми или стеклянными листами. Таким образом удается одновременно хромировать несколько партий различных инструментов.

В качестве примера устройства аналогичных ванн можно привести ванны для размерного и точного (под доводку) хромирования калибров показанные на фиг. 16.

Процесс электролитического хромирования можно представить в следующем (упрощенном) виде. При прохождении электрического тока через электролит от анода к катоду происходит разложение электролита ванны. В результате на катоде будет происходить выделение водорода, восстановление хрома из шестивалентного в трехвалентный и двухвалентный и, наконец, осаждение на катоде металлического хрома. На положительном электроде выделяется кислород и происходит окисление трехвалентного хрома до шестивалентного и переход анода в раствор (при растворимых электродах).

Как мы указывали раньше, для успешной работы ванны необходимы специальные мероприятия по борьбе с трехвалентным хромом как перед началом работы ванны (предварительная проработка ванны), так и во время ее работы — путем правильного выбора размеров поверхности анода по отношению к катоду (обычно 2 : 1).

В ванне, показанной нами на фиг. 15, для случая, когда по тем или иным причинам нельзя сохранить нужное соотношение между площадями анода и катода (случай хромирования внутренних отверстий и т. п.), применено специальное устройство для дополнительного окисления трехвалентного хрома. Для этой операции в ванну введены специальные аноды цилиндрической формы, имеющие большую аподную поверхность. Среди них расположена на катодной шине небольшая деталь, служащая катодом. Эта добавочная установка дает возможность окислять избыточный трехвалентный хром благодаря большой анодной поверхности. Описанное устройство позволяет вести указанную операцию, не останавливая процесса хромирования инструмента, что увеличивает производительность ванны и позволяет держать состав ее в установленных пределах.¹

Для правильного и единообразного действия хромовой ванны необходимо поддерживать ее химический состав в пределах, установленных для данного технологического процесса хромирования.

Чтобы ванна могла работать почти без перерыва, рекомендуется при ее обеднении добавлять хромовую кислоту, а не хромовый ангидрид. В виду важности этой операции для ванны низкой концентрации (140 г/л), приведем способ, применяемый одним из заводов.

Кислоту для этих целей специально готовят более повышенной концентрации, чем электролит. Примерный расчет добавки производится следующим образом. Если произошло обеднение ванны до

¹ См. также Д. И. Тейтельман [142, стр. 108], Освобождение хромового электролита от трехвалентного хрома.

120 г/л CrO_3 (емкость ванны — 100 л), то недостаток в ванне хромового ангидрида будет: $20 \times 100 = 2000$ г.

Концентрация хромовой кислоты — 300 г/л воды. Следовательно, нужно добавить: $2000 : 300 = 6,7$ л хромовой кислоты.

Содержание электролита проверяется не менее одного раза в смену ареометром.

МЕРОПРИЯТИЯ ПО БОРЬБЕ С НЕРАВНОМЕРНОСТЬЮ ОТЛОЖЕНИЙ ХРОМА НА ПОВЕРХНОСТЯХ ИНСТРУМЕНТА И ШТАМПОВ

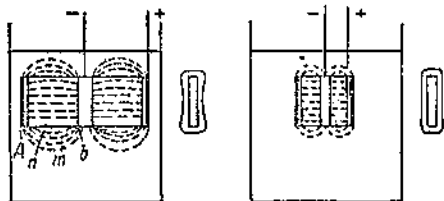
Кроме химического состава ванны и режима хромирования, на равномерность отложения хрома на деталях исключительно большое влияние оказывают конструкция и форма анодов, их расположение относительно хромируемого изделия, а также конструкция приспособлений для хромирования.

Наиболее распространенным, особенно несколько лет назад, был способ хромирования с плоскими свинцовыми электродами, которые в случаях хромирования фигурных деталей удаляли на значительное расстояние от этой детали с целью уменьшения относительной разницы расстояний отдельных мест поверхности изделия (катода) от анода.

Следует указать, что иногда делают ошибку, распространяя этот метод на хромирование плоских и цилиндрических деталей. В этом случае, во-первых, путем выбора соответствующей формы анодов (цилиндрических или плоских) легко достигнуть равенства расстояний всех точек катода от анода и, во-вторых, чем больше будет межэлектродное расстояние, тем неравномернее будет распределение тока на детали (фиг. 17).

Из фиг. 17 видно, что чем больше расстояние между деталью и электродами, тем большая часть тока рассеивается в электролите и создается неравномерность его распределения на катоде, а следовательно, и неравномерность осадков хрома на детали. В этом случае лучшие результаты получаются, если аноды делают такого же профиля и размера, как хромируемая поверхность, и максимально приближают анод к хромируемому изделию, следя за сохранением одинаковости межэлектродного расстояния во всех точках. Последнее наиболее полно достигается при применении „анодно-катодных“ приспособлений, которые описываются нами ниже.

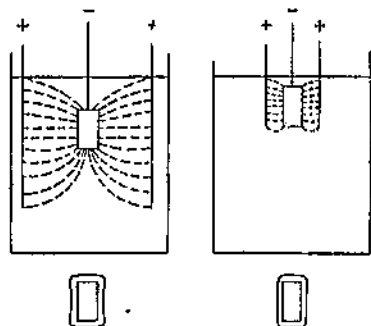
При плоских анодах, например, в виде полос шириной 70—80 мм из сурьмянистого свинца, нужно следить за тем, чтобы нижний конец анода в ванне был не ниже края хромируемой поверхности, верхний же край хромируемой поверхности не должен быть глубоко



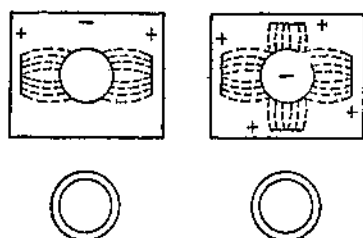
Фиг. 17. Влияние межэлектродного расстояния при цилиндрическом аноде на распределение хрома по длине цилиндра.

погружен в электролит. Большие цилиндрические детали должны быть окружены анодами со всех сторон (фиг. 18 и 19).

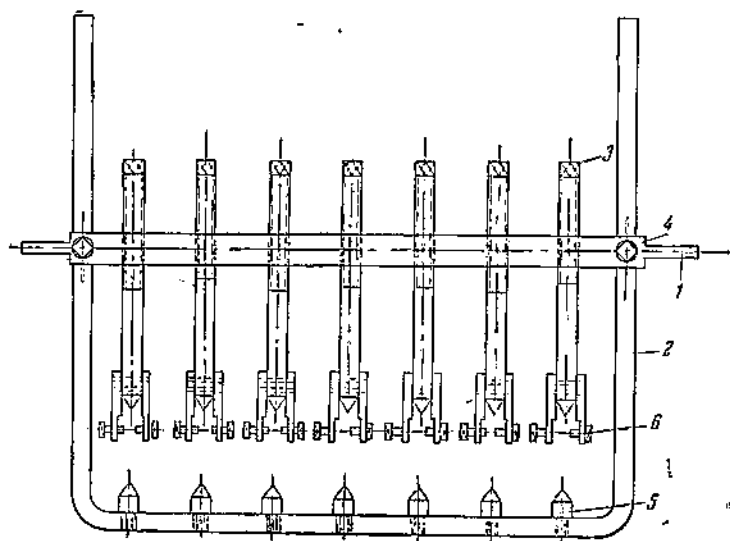
При хромировании круглых деталей (особенно инструмента) часто применяют поворачивание их через равные промежутки времени на равные углы. Пример конструкции такого приспособления приведен на фиг. 20. На фиг. 43 показан способ



Фиг. 18. Влияние глубины погружения детали относительно анода и уровня электролита на распределение хрома.



Фиг. 19. Влияние размещения анодов относительно цилиндрической детали на распределение хрома.



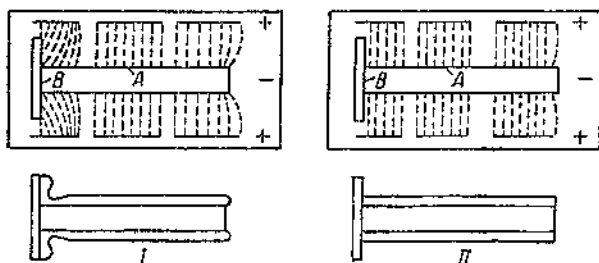
Фиг. 20. Сборки для калибров.

хромирования с поворачиванием долек Феллоу на СЗТД. Примеры применения плоских анодов показаны на фиг. 21 и 22.

На фиг. 21 показано, что для выравнивания силовых линий нужно изолировать торцевую поверхность диска большого диаметра. От избыточной плотности тока на краях хромируемой поверхности частично

можно избежать применением защитных катодов из свинца и всевозможных экранов.

Шагом вперед следует считать применение литых круглых анодов из сплава свинца с 11—12% сурьмы (вместо обычных 3—4% сурьмы) диаметром 20—25 мм, длиной 200—400 мм и более, в зависимости



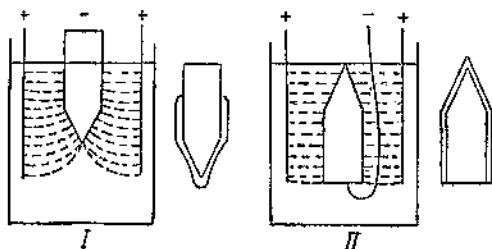
Фиг. 21. Влияние рельефа детали на распределение хрома.

I—торец не изолирован; *II*—торец изолирован.

от глубины ванны и величины хромируемых изделий. Для подвешивания этих электродов в ваннах служат крючки из железной проволоки толщиной 5—6 мм, которые ввинчиваются в торец анодов (фиг. 23).

Преимущества этих анодов по сравнению с плоскими заключаются в следующем.

1. Более равномерное распределение силовых линий (фиг. 24). В этом случае при хромировании



Фиг. 22. Влияние способа подвески детали на распределение хрома на острие.



Фиг. 23. Круглый анод.

1—анод; *2*—железный стержень.

больших изделий не требуется применения квадратных ячеек из анодов. Обычно применяемое в случаях точного (размерного) хромирования расположение анодов видно из той же фиг. 24.

2. Повышение срока службы благодаря высокому содержанию сурьмы до 12 месяцев и более, вместо 2—3 месяцев для плоских анодов с 3—4% сурьмы (большой процент сурьмы влияет отрицательно на прокатку листов).

3. Более легкая отливка анодов и меньшая стоимость их.

4. Чистка производится один раз в шестидневку вместо ежедневной чистки плоских анодов. Поверхность легко очищается стальными щетками без применения щелочных и кислотных растворителей.

5. Аноды имеют хороший контакт и удобны в работе. По сообщению завода, перестройка ванны на другой вид работы происходит в 3—4 раза быстрее, чем при плоских анодах.

При применении круглых анодов в качестве основных прокатный свинец с 3—4% сурьмы применяется только для изготовления внутренних или специальных анодов. Свинцовая фольга для изоляции обычно изготавливается из чистого свинца на небольших валках, находящихся в хромировочной мастерской.

В случае применения при хромировании плоских и круглых анодов для изделий со сложной конфигурацией требуется особый подход в каждом отдельном случае для получения возможно более равномерного слоя хрома (колебания толщины покрытия — 5—8 м).

Выравнивание плотности тока на отдельных участках сложной фигуры производится следующими способами:

Фиг. 24. Схема рассеивания.
1—плоские аноды; 2—круглые аноды.

- 1) применением защитных катодов из медной проволоки, располагаемых вблизи выпуклых участков или острых кромок;
- 2) применением дополнительных анодов в участках более медленного отложения хрома;
- 3) применением изоляции для участков изделий не хромируемых, но влияющих на равномерность отложения хрома на соседних участках; в этих случаях применяется изоляция двух видов: а) если изолируемый участок уменьшает скорость осаждения хрома, то он изолируется цапон-лаком (раствор целлулоида в ацетоне), листовым целлулоидом и т. п.; б) если же, наоборот, нужно уменьшить отложение хрома на соседнем участке, то изоляция делается из свинцовой фольги.

В качестве иллюстрации применения указанных приемов приведем несколько примеров из практики одного завода.

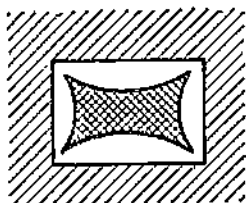
1. Хромирование плоскостей, расположенных под прямым углом. Если хромируется только одна плоскость, то вторая изолируется одним из указанных способов и тогда не мешает хромированию первой. При хромировании обеих плоскостей рекомендуется проводить процесс в два приема, поочередно изолируя плоскости.

2. Хромирование отверстий прямоугольного сечения. В зависимости от размеров отверстия применяют разные способы хромирования. Если отверстие не меньше 10 мм, то применяют внутренний анод (фиг. 25). Если отверстие меньших размеров, то можно рекомендовать хромирование его в два приема (фиг. 26). Две стенки отверстия изолируются листовым целлулоидом и анод устанавливается, как показано на фиг. 26, плотно упираясь в изолированные стенки,

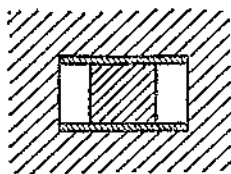
Две другие стенки хромируются. После окончания хромирования этих стенок они изолируются, а две другие хромируются (с освобождением от изоляции) аналогичным способом. При применении последнего способа анод не смещается, в то время как при применении первого способа иногда наблюдается смещение анода.

3. Хромирование цилиндрических отверстий производится обычным способом с помощью круглых анодов, располагаемых в центре отверстия. Для отверстий диаметром больше 8 мм применяются свинцовые аноды, для отверстий от 1 до 8 мм в качестве анода применяется железная проволока, освинцованная электролитическим способом.

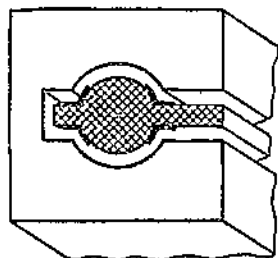
4. Сложные отверстия и пазы различной конфигурации. В данном случае, кроме фигурного анода, применяются и



Фиг. 25. Хромирование отверстий прямоугольной формы.



Фиг. 26. Хромирование прямоугольного отверстия малого размера.



Фиг. 27. Хромирование сложного отверстия.

различные методы изолирования отдельных участков. В качестве примера приведем изделие, изображенное на фиг. 27. Обычно в такого рода случаях одного фигурного анода (на фигуре заштрихован) недостаточно, так как отложения хрома на выпуклых участках в два раза больше, чем на плоских, и почти в три раза больше, чем на вогнутых. В таких случаях обычно изолируют участки анода, расположенные против выступающих кромок (на фиг. 27 изоляция показана толстыми линиями).

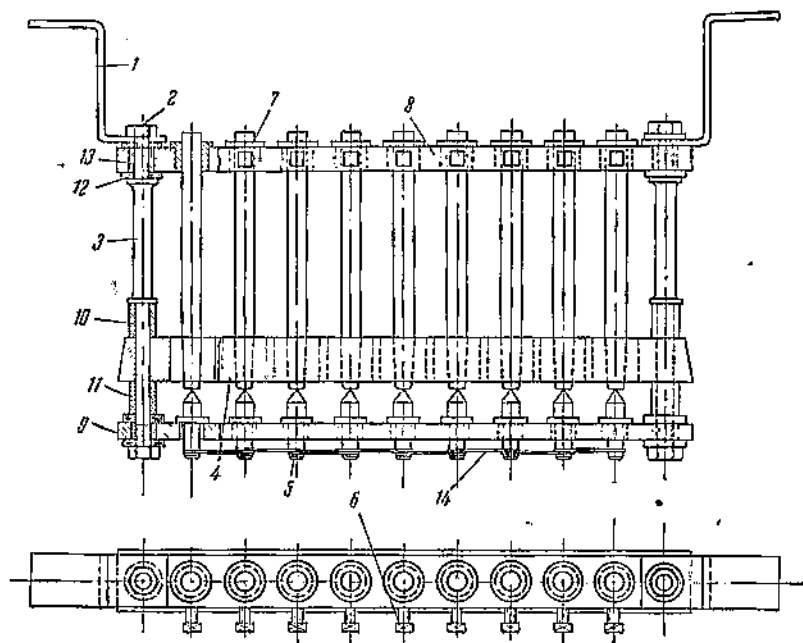
Из комбинации вышеуказанных приемов обычно составляются и способы хромирования различных деталей сложных профилей.

Анодно-катодный принцип конструирования приспособлений, детально разработанный для некоторых специальных видов инструмента в сравнительно недавнее время инж. П. А. Николаевым (авторское свидетельство от 31 июня 1936 г. за № 47885, класс 48 а, 4), представляет собой, на наш взгляд, наиболее интересный метод быстрого и равномерного хромирования в массовом масштабе различного рода изделий довольно сложной конфигурации.¹ Этот способ особенно

¹ Этот способ хромирования интересен также тем, что для изделий с не очень сложными и глубокими профилями он делает в большинстве случаев излишним применение экранирования.

широко применяется для хромирования изделий, представляющих собой тела вращения простых и сложных профилей. Принцип конструирования анодно-катодного приспособления заключается в том, что плоские и цилиндрические аноды заменяются анодами специальной формы, помещенными в приспособление для хромирования. В настоящей работе мы кратко опишем некоторые основные виды приспособлений, сконструированных по анодно-катодному принципу.

Приспособление для хромирования стержневого инструмента (пуансонов, разверток, сверл, зенкеров и т. п.). Приспособление (фиг. 28) подвешивается за контакты 1. Ток проходит



Фиг. 28. Приспособление для хромирования пуансонов.

1—контакт (медь); 2—гайка (сталь № 3); 3—болт (сталь № 3); 4—анодная пластина (свинцов); 5—центр (сталь № 6); 6—винт (сталь № 3); 7—втулка; 8—верхняя планка (сталь № 3); 9—нижняя планка (сталь № 3); 10—11—втулка (сталь № 8); 12—13—прокладка (резина); 14—провода.

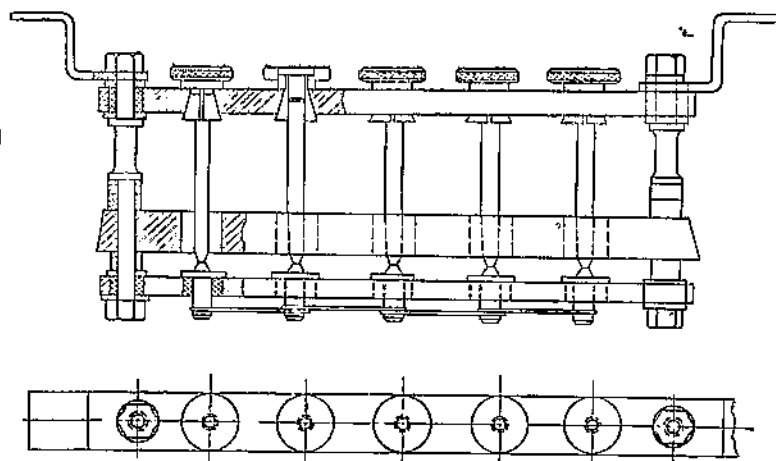
через левый контакт к болту 3 и анодной шине 4. Анодная шина имеет ряд отверстий размером от 2 до 5 диаметров изделия. Эти отверстия анода создают правильное concentрическое силовое поле, которое способствует равномерному отложению хрома на инструмент при не очень глубоких его рельефах.

Монтаж пуансонов производится между центрами и втулкой. Нижний центр 5 смонтирован таким образом, чтобы конец пуансона был ниже анодной шины на 5—6 мм. Для калибров анодную шину делают по высоте на 5—6 мм меньше длины рабочей части калибра; конец ка-

Литра выступает ниже край анодной шины на 2—3 мм. Благодаря этому при хромировании получается точный край калибра, что важно для калибров с рисками.

Ток от анода через электролит проходит к пуансону, а от него к втулке 7. Далее ток идет на катодную шину 8 и через правый контакт — в электроцепь линии.

Деталь 9 является нейтральной, на ней смонтированы центры 5. Центры изолированы один от другого, но объединены уравнительным проводом 14, назначение которого — создание параллельной цепи в приспособлении, что способствует правильному распределению силы тока между отдельными хромируемыми изделиями. Вместо обычных центров могут быть вставлены так называемые „обратные“ центры для хромирования изделий, которые не имеют центровых отверстий (фиг. 29).



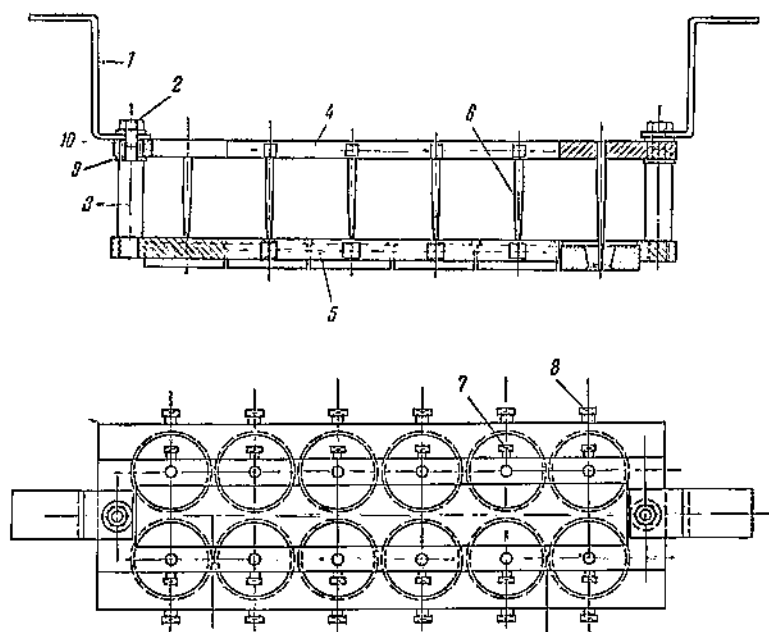
Фиг. 29. Приспособление для хромирования пуансонов (с „обратными“ центрами).

Приспособление для хромирования вытяжных и выжимных матриц и других деталей (фиг. 30). Матрица монтируется на катодной шине 5. Приспособление подвешивается за контакты 1, и ток через контакт поступает в шину 4, на которой монтированы анодные стержни, закрепляемые болтами 7. Болт очень хорошо осуществляет контакт с анодной шиной. Ток проходит через болт, анод и электролит к катоду — матрице. Отложение хрома равномерное благодаря центрированию анода по отношению к катоду. От вытяжной матрицы ток идет на катодную шину 5, от которой через болт 3 попадает на правый контакт и катодную шину ванны. Узлы соединений изолированы деталями 9 и 10. Эти приспособления удобны и весьма производительны.

Приспособление для инструмента сложной формы. Для хромирования специнструмента сложного криволинейного профиля применяются анодно-катодные приспособления, сконструированные по

принципам, которые будут понятны из рассмотрения этих приспособлений.

Приспособление для хромирования специальной обжимной матрицы криволинейной формы изображено на фиг. 31. Это приспособление универсальное. При помощи специального калибра (фиг. 33) анодный стержень устанавливается в необходимом положении по отношению к матрице. Закрепление анодного стержня в матрице производится болтами 7 и 8. Анодный стержень имеет коническую форму. Этот анод штампуют из цилиндрической свинцовой проволоки (фиг. 32). Изго-



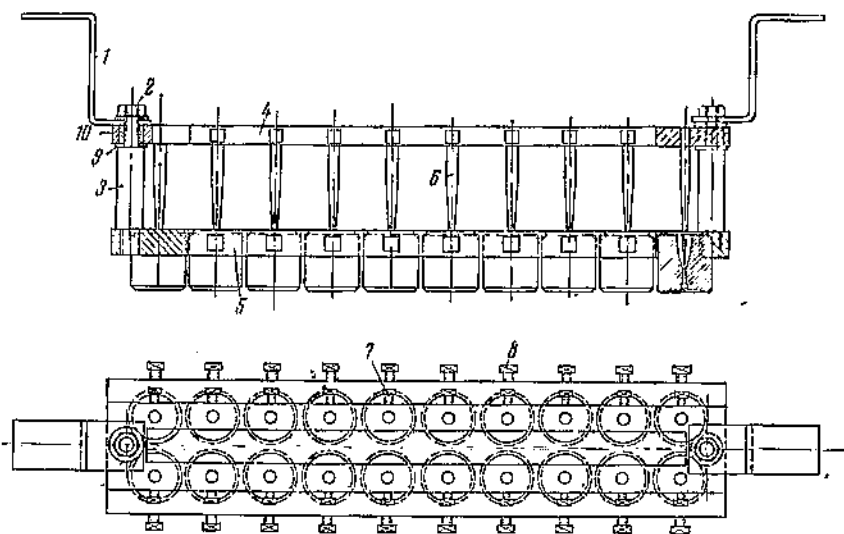
Фиг. 30. Приспособление для хромирования вытяжных матриц.

1 — контакт (медь); 2 — гайка (сталь № 3); 3 — болт (сталь № 3); 4 — верхняя планка (сталь № 3); 5 — нижняя планка (сталь № 3); 6 — анод (свинец); 7 — 8 — винт (сталь № 3); 9 — 10 — прокладка (резина).

товление анода происходит следующим образом: свинцовую проволоку диаметром 6 мм вставляют одним концом между жимками 2; конус образуется с помощью удара молотка по верхнему жимку. Боковые отверстия в корпусе 1 и у жимков служат для отходов свинца. Для правильной установки указанного анода завод применил специальный установочный калибр (фиг. 33), конус которого равен конусу анодного стержня, диаметр калибра равен диаметру обжимной матрицы, высота калибра на 2 мм короче рабочей части матрицы. Применяется калибр следующим образом.

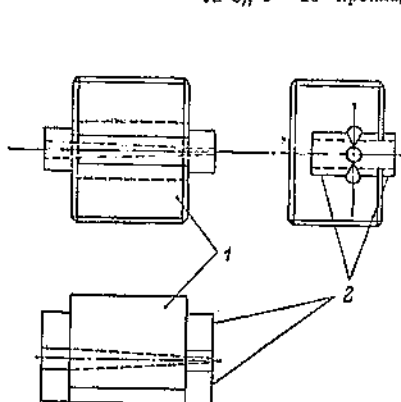
При монтаже анодного стержня в приспособлении калибр устанавливают в гнезде катодной шины вместо хромируемой матрицы.

После этого передвигают анодный стержень до тех пор, пока он займет полностью рабочую часть калибра, что видно через разрез в калибре. После этого анодный стержень закрепляют винтом 7 (фиг. 31).



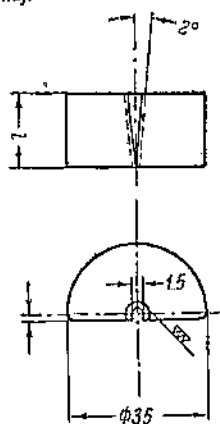
Фиг. 31. Приспособление для хромирования обжимных матриц.

1 — контакт (медь); 2 — гайка (сталь № 3); 3 — болт (сталь № 3); 4 — верхняя планка (сталь № 3); 5 — нижняя планка (сталь № 3); 6 — анод (свинец); 7 — 8 — винт (сталь № 3); 9 — 10 — прокладка (резина).



Фиг. 32. Штамп для анодов.

1 — корпус (сталь № 3); 2 — жимки (сталь № 6).



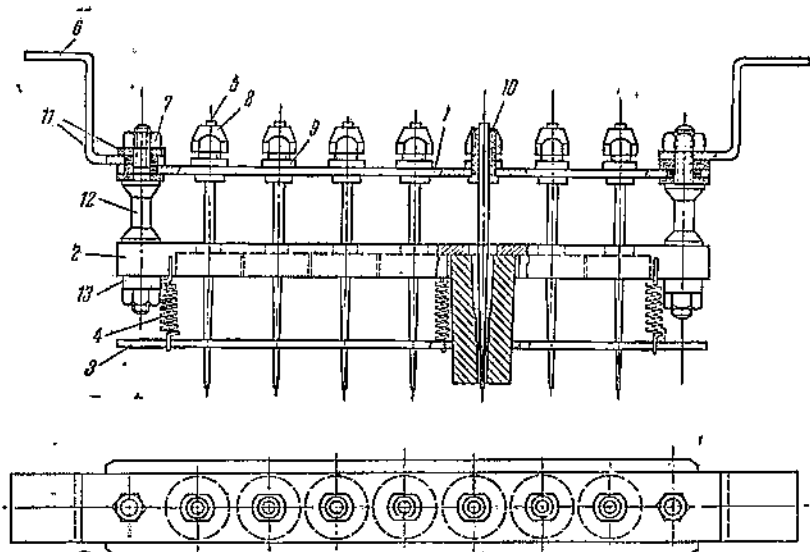
Фиг. 33. Калибр для установки анодов.

Хромирование происходит следующим образом. Приспособление подвешивают за контакт 1. Ток от анодной шины ванны идет в анодную шину приспособления 4, на которой смонтированы аноды, контакт которых с анодной шиной приспособления осуществляется при помощи

болта 7. Ток, проходя от анода (стержня) к матрице, осуществляет процесс хромирования. Матрицу на катодной шине крепят при помощи болтов. От катодной шины ток через болт 3 и правый контакт уходит в катодную шину ванны и обратно в цепь.

Инструмент сложной формы. В качестве примера приведем приспособление для хромирования специальной проверочной матрицы-камеры. Этот инструмент довольно сложен как по конфигурации, так и по большому количеству точных размеров.

Приспособление (в первоначальном виде) показано на фиг. 34. За контакты 6 его подвешивают к анодной шине. Ток от левого контакта проходит к анодной шине 1, на которой смонтированы штуцеры.



Фиг. 34. Приспособление для хромирования камер.

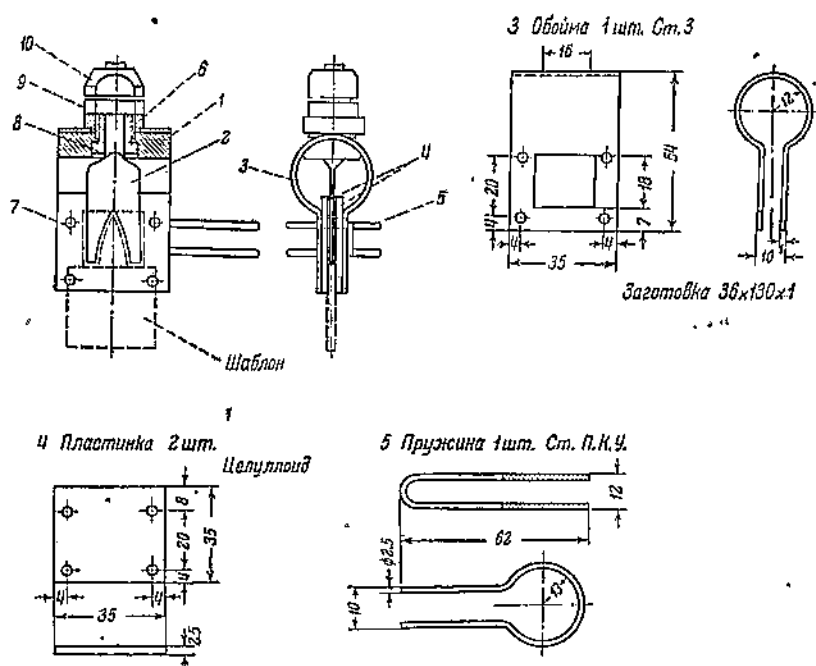
- 1 — анодная шина (латунь); 2 — катодная шина (сталь № 3); 3 — пластинка (латунь); 4 — пружина (сталь ПКУ); 5 — анодный стержень (свинец); 6 — контакт (латунь); 7 — гайка (сталь № 3); 8 — 9 — гайки (латунь); 10 — втулка (латунь); 11 — кольцо (резина); 12 — винт (сталь № 3); 13 — кольцо (сталь № 3).

Контакт между штуцером и анодной шиной происходит через гайку 9, контакт штуцера с анодным стержнем осуществляется при помощи гайки 8. Ток идет от анода-стержня через электролит к внутренним стенкам камеры, затем попадает на катодную шину 2 и болт 12, откуда через правый контакт — на катодную шину ванны. Контакт между катодной шиной и камерой осуществляется планкой 3 и пружиной 4.

Хромирование шаблонов и контршаблонов в анодно-катодных приспособлениях. В качестве примера конструирования приспособления для хромирования шаблона криволинейной формы по анодно-катодному принципу приведем одну конструкцию в ее первоначальном виде (фиг. 35 и 36).

Шаблон монтируют в обойме 3, к стенкам которой прикреплены целлулоидные пластинки 4, между которыми и монтируется шаблон. Установка шаблона в отношении анода происходит при помощи окна в обойме.

Анод 2 сделан по форме шаблона. Ток от анодной шины идет к аноду, затем, через электролит, к шаблону (катод), далее, через металлические контакты целлулоидных пластинок, — на обойму и по



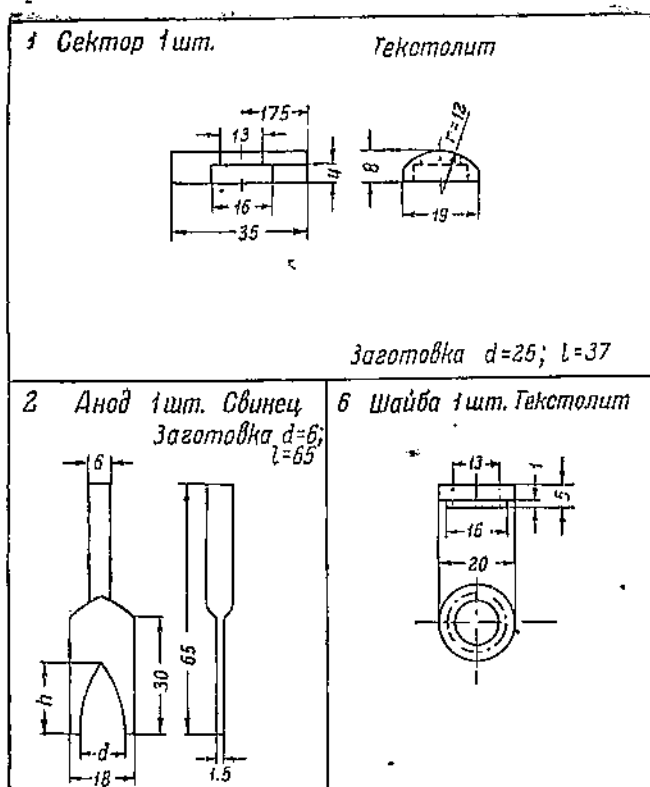
Фиг. 35. Приспособление для хромирования шаблонов.

1 — сектор (текстолит); 2 — анод (свинец); 3 — обойма (сталь № 3); 4 — пластинка (целлулоид); 5 — пружинка (сталь ПКУ); 6 — шайба (текстолит); 7 — заклепка (свинец); 8 — втулка (латунь); 9—10 — гайка (латунь).

катодному проводу на катодную шину ванны. Все детали монтируют на секторе из текстолита 1. Результаты хромирования шаблонов в описанном приспособлении, по сообщению работников завода, вполне удовлетворительные.

Описанные приспособления с успехом применяются заводом для хромирования специнструмента для штамповочных работ, стержневого режущего инструмента (развертки, специальные фигурные перовые сверла), круглых калибров, измерительных скоб, шаблонов и т. п.

В настоящее время эти приспособления совершенствуются в части некоторых их деталей, главным образом в части упрощения зажимов и увеличения количества изделий, хромируемых в одном приспособлении.



Фиг. 36. Приспособление для хромирования шаблонов.

ВЫБОР ТИПОВЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ХРОМИРОВАНИЯ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА, ШТАМПОВ И ПРЕССФОРМ

Изучение современного состояния теории и практики электролитического хромирования режущего инструмента, штампов и прессформ дает возможность наметить основные направления развития технологических процессов хромирования. В то же время приходится констатировать, что ряд важнейших элементов технологического процесса хромирования этих изделий остается неясным и спорным. К таковым, например, следует отнести вопрос о выборе лучшего способа подготовки поверхности под хромирование невыгоднейшей катодной плотности тока и структуры хромового покрытия в зависимости от требований, предъявляемых к данному виду инструмента и условиям его работы. Например, какой слой хрома по цвету (блестящий или „молочный“), а следовательно, и какую структуру этого слоя нужно применять при хромировании черновых и чистовых долбиков Феллоу и т. п.? Поэтому мы приводим ряд вариантов типового технологического процесса хромирования инструмента, считая, что при дальнейшей научно-исследовательской работе в данной области, а также при практическом внедрении

этого процесса на заводах следует провести контрольные сравнительные испытания предлагаемых нами вариантов типовых процессов применительно к конкретным условиям работы инструмента.

В качестве примера классификации и выбора типовых технологических процессов твердого хромирования нами приводятся ниже без всяких изменений данные последней конференции по хромированию (1937 г.). В то же время на основе имеющихся в нашем распоряжении данных мы приводим варианты процессов, с успехом применяемых на наших заводах.

Вариант I (данные конференции 1937 г.)

1. Классификация

Детали, покрываемые твердым хромом и не несущие в качестве основной нагрузки трения, разбиваются на следующие два класса:

Класс А. Детали, работающие без перемещения хромированной поверхности относительно сопряженной с ней, причем хром служит в данном случае только средством пополнения размеров (прессовые и плотные соединения, главным образом для черных и не черных металлов, гнезда шарикоподшипников и т. п.).

Класс Б. Детали, в которых хромированная поверхность соприкасается с неметаллической массой и где хром обеспечивает химическую и механическую стойкость детали, испытывая в некоторых случаях давление и нагрев (прессформы для всевозможных пластических масс, для стекольной массы, формовочные штампы для пуговиц, мыла, бумажных и резиновых изделий, штампы для формовочных деталей, печатные доски и валы, сопла паровые, всякие сопла для различных жидкостей, вытекающих при больших скоростях, и т. п.).

Детали, покрываемые твердым хромом и несущие в качестве основной нагрузки трение, разбиваются на следующие три класса:

Класс 1. Детали, работающие хромированной поверхностью на износ при незначительных давлениях порядка до 5 кг/см^2 (мерительный инструмент, калибры, пробки, скобы, вытяжные валики в текстильном деле, направляющие втулки и т. п.).

Класс 2. Детали, работающие хромированной поверхностью на износ при средних давлениях от — 5 до 20 кг/см^2 (шпиндели, детали станков, щетки роторов, шейки коленчатых валов в менее ответственных случаях, соединительные пальцы и валики в шарнирах, поверхности шек кулисс, штоки и цилиндры, шейки различных осей и т. п.).

Класс 3. Детали, работающие при больших удельных давлениях на захромированную поверхность при динамической нагрузке, с нагревом механического или иного происхождения и вообще в наиболее тяжелых и ответственных случаях при давлениях выше 25 кг/см^2 (некоторые типы режущих и вытяжных инструментов, детали авиамоторов, прессформы для литья под давлением и т. п.).

Примечание. При введении массового хромирования деталей класса 3 обязательно необходимы предварительные опытно-экспериментальные работы и исследования.

2. Требования, предъявляемые к деталям, подлежащим хромированию

1. Основной металл должен быть достаточно прочен, чтобы напряжения при работе не вызвали в нем остаточных деформаций. В частности, хром не может заменить собой калки или цементации, когда последние производятся не с целью увеличения износостойкости.

2. Хромируемая поверхность детали не должна нести сосредоточенной динамической нагрузки (например, кулачок распределительного валика, толкатель клапана и т. п.).

3. На поверхности, подвергающейся хромированию, не должно быть раковин, шлаков и других неметаллических включений, а сама поверхность должна быть чисто обработана.

4. Детали перед хромированием должны иметь размер, отличающийся от чертежного размера на величину толщины слоя хрома с учетом возможной неточности установки детали на станок в случае дополнительной шлифовки.

5. Толщина слоя хрома в тех случаях, когда она не превышает величины, допускаемой по классификации, должна быть не меньше величины допуска на износ для данной детали.

3. Основные операции подготовки деталей к хромированию

В схему технологического процесса после подготовки деталей общепринятыми способами в обязательном порядке должны входить следующие две операции непосредственно перед хромированием:

1. Дополнительная механическая очистка хромируемой поверхности путем обработки ее наждачной бумагой или порошком соответствующего номера.

2. Анодная обработка в самой хромовой ванне продолжительностью около 1 мин. при плотности тока 10—30 А/дм² (для черных металлов).

Примечание. Для высоколегированных сталей продолжительность полной обработки рекомендуется в пределах 20—30 сек.

4. Режим процесса хромирования и допустимая толщина хрома по классам

Класс А. Допускаются практически любые режимы как блестящих, так и „молочных“ покрытий. Экономически выгоднее применять осадки при повышенных плотностях тока на верхнем пределе интервала блестящих осадков при температуре не ниже 45° С. Толщина хрома определяется экономическими соображениями.

Класс Б. Рекомендуются блестящие осадки без „подгара“, полученные при плотностях тока, лежащих в середине интервала блестящих осадков для выбранной температуры. Например, для электролита 150 г CrO₃¹ — 30 А/дм² при 55° С; для электролита 250 г CrO₃ — 25 А/дм² при 50° С. Толщина хрома — в пределах 30 м. Однако, если

¹ Концентрация CrO₃ выражается в граммах на 1 л воды. Содержание H₂SO₄—10% по весу от CrO₃.

от хрома требуется помимо механической еще коррозионная стойкость, необходимо применять „молочные“ осадки (при повышенной температуре), увеличивая толщину хрома до 0.04—0.05 мм.

Класс 1. Рекомендуются осадки, полученные при плотностях тока, лежащих в середине интервала блестящих осадков. В тех же случаях, когда деталь после хромирования будет подвергнута шлифовке, допускается повышение плотности тока до верхнего предела. Например, для электролита 150 г CrO_3 это составит 50 А/дм^2 при 55°C, для электролита 250 г CrO_3 —40 А/дм^2 при 50°C. Слой хрома—до 0.08 мм.

Примечание. Для ремонтного хромирования толщина слоя может быть увеличена до 0.10—0.12 мм.

Класс 2. Рекомендуются осадки, полученные при плотностях тока не выше середины или ближе к нижнему пределу интервала блестящих осадков, или „молочные“ осадки при повышенных плотностях тока и температуре. Например, для электролита 150 г CrO_3 :

а) блестящие осадки—20—30 А/дм^2 при 50—55°C,

б) „молочные“ осадки—35—40 А/дм^2 при 60—65°C,

Толщина слоя хрома—в пределах 0.05—0.06 мм.

Примечание. В ремонтном деле в менее ответственных случаях толщина слоя хрома может быть увеличена до 0.09—0.10 мм.

Класс 3.¹ Рекомендуются осадки „молочные“, не имеющие сетки трещин. Например, для электролита 150 г CrO_3 —25 А/дм^2 при 65—68°C. Толщина слоя—с максимальным пределом 30 м. Для режущего инструмента толщина хрома рекомендуется в пределах до 15 м.

5. Обработка деталей после хромирования

1. Рекомендуются прогрев хромированных деталей в масле при 150—200°C с выдержкой 2—3 часа, причем для деталей класса 2, покрытых блестящим хромом, и для всех деталей класса 3 термообработка обязательна.²

2. Шлифовку после хромирования можно рекомендовать во всех случаях. Для деталей с трущейся поверхностью классов 2 и 3 при наличии центровых отверстий шлифовка обязательна.

Примечание. Оголенные от хрома места на трущихся поверхностях при шлифовке не допускаются. Также не допускается оставление на хrome плешин (не затронутых камнем мест).

3. В случае брака хромового слоя удаление его рекомендуется производить электролитическим путем в растворе NaOH . Деталь включается анодно.

¹ Режущий инструмент, штампы и прессформы перед хромированием должны быть термически нормально обработаны.

² Общая прочность хромового осадка, подвергнутого тепловой обработке, будет выше, а эксплуатация такого осадка будет более надежной [30, стр. 400—402].

Вариант II (технологический процесс по данным ГАЗ, СЗТД и др.)

1. Режущий инструмент

1. Протирка мелкой наждачной шкуркой.
2. Полировка на мягком бязевом круге с пастой из окиси хрома следующего состава:

Окись хрома	12—15 кг
Техническое сало	4 "
Стеарин	2 "
Олеиновая кислота	0,3 "

Примечание 1. В случае хромирования инструмента с наличием доведенной рабочей поверхности вышеуказанные операции могут быть устранены.

Примечание 2. Совершенно необходимо внедрение доводки рабочих поверхностей инструмента, согласно последним достижениям техники этого дела на специальных станках (пастами ГОИ, суперфиниш и т. п.), а также применение проверки и исправления поверхностного слоя специальными реактивами по способу завода им. Фрунзе, изложенному в журнале „Станки и инструмент“ за 1939 г., № 12; 1940 г., № 3 и № 4—5 (инж. Васильев Д. Т., „Химическая обработка режущего инструмента“), или способом катодного травления, разработанным под нашим руководством.

3. Монтаж инструмента на подвеску. В зависимости от профиля инструмента, способа подводки тока, формы анодов и пр. — конструкция подвесок и экранов различная.

4. Изоляция мест, не требующих хромирования.

Примечание. Иногда практически удобнее способ сплошного хромирования инструмента с последующим покрытием воском мест, на которых должен остаться хром, и снятие обратным током хрома с мест, где его быть не должно. Применяют также освинцевание мест, не подлежащих хромированию.¹

5. Обезжиривание² при помощи протирки венской известью, но лучше в ванне для обезжиривания следующего состава:

Режим ванны

NaOH	30 г/л	Температура . . .	$t^{\circ} = 80-90^{\circ}\text{C}$
Na ₂ CO ₃	16 "	Продолжительность	
		хромирования . .	$t' = 3-5 \text{ мин.}$
Na ₂ PO ₄	16 "	Плотность тока . .	$D_k = 2-4 \text{ А/дм}^2$
Декстрин	0,8 "		(инструмент — катод)

6. Промывка в воде.

¹ Состав электролита для освинцевания

Свинцовый глет	125 г
Плавиковая кислота	200 "
Борная кислота	105 "
Клей столярный	0,3 "
Вода	1 "

Эта ванна может служить также и для освинцевания проволоки, применяемой в качестве анодов при хромировании малых отверстий.

² В настоящее время переходят в случаях большого объема производства на обезжиривание в трихлорэтилене. Следует особенно опасаться остатков щелочной пленки, так как это ведет к отслаиванию хрома.

7. Декапировка обратным током в ванне для хромирования или ванне следующего состава:

CrO_3 140—150 г/л
 H_2SO_4 1.4—1.5 "

Режим ванны
 $t^\circ = 18-20^\circ\text{C}$
 $t' = 1-2$ мин.
 $D_k = 20-25$ А/дм²
 (инструмент — анод)

8. Деталь без промывки переносится в ванну для хромирования, завешивается без тока и выдерживается 3—5 мин. для прогревания, после чего включается ток, превышающий в $1\frac{1}{2}$ раза требуемый по расчету. Такой „толчок“ продолжается 3—5 мин., а затем сила тока снижается до требуемой процессом. Хромирование происходит в ванне следующего состава;

CrO_3 250 г/л
 H_2SO_4 2.5 "
 Cr_2O_3 Допустимо
 до 5 г/л
 Слой хрома не больше 0.03 мм

Режим ванны
 $t^\circ = 50-55^\circ\text{C}$
 $D_k = 45-50$ А/дм²
 Выход по току — 130%

9. Промывка в дистиллированной воде.

10. Промывка в холодной воде.

11. Промывка в горячей воде.

12. Сушка и демонтаж с подвески.

13. Техконтроль.

14. Нагрев в электрошкафе при 150—200°C в течение 2—3 час. (обезводороживание).

Примечание. ГАЗ работает и при плотности тока до 110 А/дм², считал, что это дает увеличение производительности ванны в $2\frac{1}{2}$ раза.

Вариант III

1. Режущий инструмент и штампы для холодной штамповки¹

1. Полировка (доводка) рабочих плоскостей инструмента средней и тонкой пастой ГОИ.

2. Электрообезжиривание инструмента² в едком натре.

Состав ванны: 10% едкого натра на 1 л воды. Режим: $t^\circ = 18-20^\circ\text{C}$.
 $D = 10$ А/дм² (изделие — анод)³.

3. Промывка водой.

¹ Штампы для следдеталей.

² Хорошие результаты дает ванна следующего состава:

Каустическая сода 100 г
 Кальцинированная сода 15 "
 Жидкое стекло 5 "
 Вода 1 л
 Плотность тока 10—12 А/дм²
 Температура 60—70°C

³ Этот способ оказывает менее вредное действие на руки рабочего, чем катодное обезжиривание при высокой температуре.

4. Монтаж инструмента в приспособлении, сконструированном по анодно-катодному принципу, и изоляция мест, не подлежащих хромированию.

5. Промывка.

6. Монтаж приспособлений в ванне.

6а. Анодная обработка в хромовой ванне продолжительностью около 1 мин. при плотности тока 10—30 А/дм² (для черных металлов). Температура — комнатная или близкая к рабочей температуре хромирования (если не удобна низкая температура).

Примечание. Для высококачественных сталей продолжительность анодной обработки рекомендуется в пределах 20—30 сек.

То же при декапировании при высокой температуре (п. 6а добавлен автором настоящей работы).

7. Хромирование инструмента.

Состав ванны	Режим ванны
CrO ₃ — 140 г/л.	$t^\circ = 58-60^\circ\text{C}$
H ₂ SO ₄ — 1.4 "	$D_k = 62 \text{ А/дм}^2$
Слой хрома ~ 0.005 мм (на сторону)	

8. Демонтаж приспособлений из ванны.

9. Смывание хромовой кислоты с приспособления и деталей в бачке (в дистиллированной воде.)¹

10. Промывка приспособления и инструмента в холодной воде.

11. Демонтаж инструмента с приспособления.

12. Промывка инструмента в холодной воде.

13. Нейтрализация и промывка в горячей воде.

14. Сушка.

15. Контроль.

16. Полировка пастой ГОИ.

17. Контроль.

18. Обезводороживание (нагрев от 100 до 200°C в течение 2—3 час.)

Примечание 1. При хромировании некоторого режущего инструмента (например разверток) по данному технологическому процессу можно применить первоначальное покрытие хромом всего инструмента, а затем покрытие соответствующих частей его воском и снятие обратным током хрома с незащищенных поверхностей, а также и способ изоляции мест, не подлежащих хромированию, гальванически осажденным свином с последующим его удалением механическим путем, или шлифовку хрома с частью металла развертки с верхней ее грани (способ зав. ГАЗ).

Примечание 2. При нормальной толщине слоя для штампового инструмента завод не применяет обезводороживания. Оно применяется при толщине слоя около 0.02 мм и для инструмента, который шлифуется после хромирования.

2. Штампы для холодной и горячей штамповки

В качестве типового технологического процесса для данного вида инструмента небольших габаритов считаем целесообразным в настоящее время рекомендовать технологический процесс, изложенный нами как вариант III. При этом особо должны быть опробованы „молочные“

¹ Примечание автора.

хромовые покрытия. В качестве типовых рекомендуем также описанные нами выше приспособления, сконструированные по анодно-катодному принципу. Применение хромирования для горячих штампов требует постановки ряда дополнительных опытов, после чего можно будет предложить типовые процессы их хромирования.¹

3. Прессформы

Прессформы можно разделить по характеру их работы на две группы: прессформы, работающие при небольшом нагреве (до 200—300°C) и давлении (прессформы для пластмасс, мыла, бумажных и резиновых изделий и т. п.), и прессформы, работающие при высоких температурах и давлениях (литье под давлением).

Прессформы первой группы в отношении хромирования можно отнести к классу Б классификации конференции по хромированию (1937 г.). Нужно отметить, что следует, где только это окажется практически возможным, применять анодно-катодные приспособления. Для хромирования прессформ, работающих в условиях литья под давлением, нам не удалось подобрать и рекомендовать технологический процесс в качестве типового. Эту задачу мы полагали поставить во второй части проводимой нами работы, сравнив между собой покрытия хромом блестящие и „молочные“. Во всяком случае, данный вид покрытий следует отнести к группе самых трудных в виду особо тяжелых условий работы поверхности этих прессформ. Имеются сведения об удачном применении азотирования и аллитирования к прессформам для литья под давлением.

4. Хромирование напильников²

В качестве примера можно привести следующий технологический процесс.

1. Электролитическое обезжиривание в ванне.

NaOH	80 г		$t^{\circ} = 65 - 70^{\circ}\text{C}$
K_2CO_3	15 "		$D_k = 10 - 15 \text{ A/дм}^2$
$\text{Na}_2\text{Si}_2\text{O}_8$	20 "		$D_a = 7 - 10 \text{ A/дм}^2$
H_2O	1000 "	Время при	$D_k = 3 - 5 \text{ мин.}$
			$D_a = 2 - 3 \text{ мин.}$

2. Промывка в холодной и горячей проточной воде.

3. Травление в соляной кислоте (HCl 1 : 4) в течение 3—4 мин.

4. Травление в растворе хромовой и серной кислоты по составу, одинаковому с составом электролита: 250 г/л CrO_3 и 2.5 г/л H_2SO_4 .
Выдержка — 1 мин.

5. Промывка в холодной и горячей воде.

6. Легкая очистка ручной стальной щеткой.

¹ В настоящее время имеется опыт хорошей работы хромированных кузнечных штампов („ГАЗ“, инж. Кононов, см. Приложение).

² Из статьи инж. Школьников А., Хромирование напильников, журнал „Станки и инструмент“, № 8, стр. 27, 1937. См. также книгу Д. И. Тейтельмаца [142, стр. 99 и др.].

7. Повторное обезжиривание, декапирование и промывка в зависимости от результатов первого обезжиривания и травления, но при уменьшенных на 50% против первой очистки концентрации ванны и времени.

8. Монтаж в приспособлении.

9. Промывка в холодной и горячей воде.

10. Монтаж приспособления в ванну и анодное декапирование в ванне для хромирования (или в специальной ванне) при плотности тока 10—30 А/дм² в течение 1—2 мин.

11. Прогрев ванны до температуры хромирования без тока (или прогрев напильников в горячей ванне в течение 3—5 мин). Включение тока, превышающего в 1½ раза требуемый по расчету, со снижением ватем до расчетного.

Состав электролита: CrO₃—250 г/л, H₂SO₄—2.5—3 г/л. Режим: t°=53—57°C; D_к=35—40 А/дм². Расстояние между анодами для плоских драчевых напильников равно 110—120 мм, для фигурных —120—140 мм. Слой хрома для драчевых напильников 0.02 мм, для личных напильников —0.01 мм. Осадок блестящий.¹

Инж. Школьников указывает на увеличение производительности: для драчевых напильников до 144% при увеличении стойкости до 3 раз при слое хрома 0.02 мм, для личных напильников до 290%.²

Из анализа приведенных нами данных о современных взглядах на физические свойства и технологические процессы хромирования можно сделать следующие главные выводы.

Типовые технологические процессы наших заводов по хромированию режущего инструмента и штампов следует подвергнуть проверке.³ Мы считаем целесообразным проведение сравнительных испытаний процессов хромирования, приведенных в табл. 2.

Опытная работа ГАЗ по повышению производительности хромовых ванн (30), произведенная на пластинках в 0.5 и 1 дм², показала (фиг. 37 и 38), что с увеличением плотности тока и при возрастании температуры выход по току уменьшается. Несмотря на это, во всех случаях при этих плотностях тока можно получить скорости наращивания, значительно большие, чем при обычных плотностях (50 А/дм²).

Из кривых фиг. 38 видно, что применение высоких плотностей тока дает возможность получить скорости наращивания, в десять раз большие, чем при обычных плотностях тока. При применении повышенных плотностей тока приходилось сближать анод с деталями, делать их фасонными (иначе получалось сильное дендридообразование на краях) и применять генератор с напряжением в 12V и даже до 15 V. Достаточных опытных данных по стойкости инструмента, хромированного при высоких плотностях тока, в настоящее время не имеется.

¹ Указывается на желательность получения осадка не скользящего, а „цепляющегося“. Считаем также желательным испытать применение „молочного“ хрома.

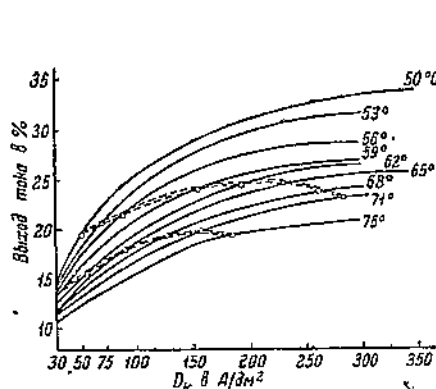
² Вопрос о подборе оптимального и рентабельного технологического процесса хромирования напильников следует считать в настоящее время еще не разрешенным удовлетворительно.

³ См. сн. 2 на стр. 51.

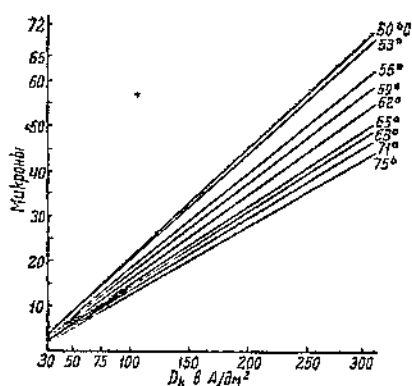
Состав электролита	Основные параметры процесса				
	№ процесса	D_k^1 А/дм ²	t^2 электролита (в °С)	Вид хромо- вого слоя	Кем рекомендо- вано при- менение процесса ²
CrO ₃ -140 г/л H ₂ SO ₄ -1.4 г/л	1	20—25	65—68	„Молочный“	Конфер. 1937 г. — Новый Новый Новый
	2	62	58—60	Блестящий	
	3	62	78—80	„Молочный“	
	4	90	80—82	„Молочный“	
	5	90—110	60—70	Блестящий	
CrO ₃ -250 г/л H ₂ SO ₄ -2.5 г/л	1	45—50	50—55	Блестящий	ГАЗ, СЗТД и др. Новый Новый Новый (ГАЗ)
	2	45—50	75—78	„Молочный“	
	3	90	80—82	„Молочный“	
	4	100—110	60—70	Блестящий	

Примечания: 1. Для режущего инструмента и штампов не с глубоким и сложным профилем.

2. С глубоким и сложным профилем.



Фиг. 37. Кривые выходов по току в зависимости от температуры и плотности тока.



Фиг. 38. Толщина хрома в зависимости от плотности тока и температуры (экспозиция 10 мин.).

¹ Возможно увеличение плотности тока на несложных профилях до 300 А/дм² и более при 70—78°C (опыты ГАЗ).

² Экспериментальные работы по сравнительному изучению процессов хромирования, указанных в табл. 2, проведенные под нашим руководством за время подготовки к печати настоящей монографии, указали на преимущество процесса № 2 первой ванны и на плохое качество так называемых „молочных“ покрытий в применении к спецштампам и режущему инструменту.

Следует также в ближайшем будущем дополнительно разработать типовые процессы комплексной подготовки поверхностного слоя инструмента под хромирование в виду большого влияния этих процессов на качество хромированного инструмента. К указанным процессам следует отнести следующие: исправление или удаление поверхностного слоя, испорченного шлифовкой (химической обработкой и механическими способами); очистку поверхности (обезжиривание, декапировка и т. п.); полировку рабочих граней (п.стами ГОИ, суперфинишем, и т. п.); цинкование, азотирование и т. п.

ПРИМЕРЫ ХРОМИРОВАНИЯ ИНСТРУМЕНТА

В качестве характерного примера применения хромирования для устранения „налипания“ и улучшения условий износа рабочих поверхностей инструмента приведем данные из работ СЗТД.

На этом заводе применяется хромирование долбяков Феллоу для черновой и чистовой обработки шестерен № 50 и № 51 трактора ХТЗ. Эти долбяки работают по вязким сталям:

	C, %	Cr, %	Ni, %
Сталь 5120 по ОСТ . . .	0.15—0.26	0.8—1.1	Нет
Сталь 5120 по химанализу	0.21—0.23	0.71—0.84	Нет

Механические свойства были определены на двух образцах путем разрыва на машине Амслера (табл. 3).

Таблица 3

Образцы	Время сопротивления (в кг/мм ²)	Предел текучести (в кг/мм ²)	Относит. удлинение (в %)	Относит. сужение (в %)
По ОСТ	45—55	Не менее 25	Не менее 16	60
Образец № 1 . . .	44.1	21.5	27	46.6
Образец № 2 . . .	48.0	27.5	19.2	29.5

Долбяки имеют: 1) начальный диаметр 100 мм и модуль 5/3.75; 2) начальный диаметр 75 мм и модуль 4.25/3.25. Материал долбяков — быстрорежущая сталь.

Вследствие вязкости обрабатываемой стали при работе нехромированных долбяков наблюдалось налипание стружки на грани долбяка и преждевременность их износа. Износ зуба нехромированного долбяка наступает главным образом вследствие истирания левой вспомогательной задней грани. Происходит также налипание частиц обрабатываемого металла на эту грань и ее сильный износ при отрыве налипших частиц.

Кроме того, происходит истирание передней и главной задней граней и наступает затупление вершины *a* и частично *b*. При сильном износе происходит выкрашивание левой вершины зуба (*a*). Общий вид износа показан на фиг. 39 (вращение долбяка справа налево).

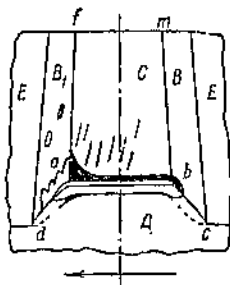
Изучение износа хромированного черного долбяка (фиг. 40) показывает, что износ наступает главным образом из-за истирания передней (не покрытой хромом) грани, в результате чего появляется затупление режущих кромок, особенно около левой вершины. Совершенно не происходит налипания металла. Износ левой вспомогательной задней грани совершенно незначителен по сравнению с износом таковой у нехромированного долбяка (легкое потемнение, сходящееся на нет от левой вершины вдоль левой горизонтальной вспомогательной кромки).

Износ чистового нехромированного долбяка наступает вследствие появления истертости левой вспомогательной задней грани, соскальзывания нароста и приваривания нароста к задней грани. Описанные изменения поверхности зубцов долбяка создают неровную поверхность на обрабатываемых зубьях шестерен. Общий вид износа схематически показан на фиг. 41.

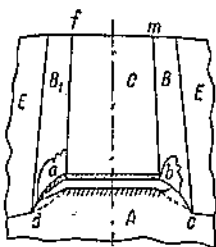
Износ чистового хромированного долбяка. Износ передней грани (слой хрома снят заточкой) аналогичен износу чистового нехромированного долбяка. Вдоль главной задней кромки зуба наблюдается легкое потемнение. По правой вспомогательной задней грани наблюдается очень легкое потемнение вдоль кромки. По левой вспомогательной задней грани также наблюдается легкое потемнение вдоль кромки зуба. Затупление зубьев долбяка наступает вследствие истирания передней грани и затупления вершин зубьев (фиг. 42).

Значительное истирание задней левой вспомогательной грани и приваривание (налипание) частиц стружек отсутствует.

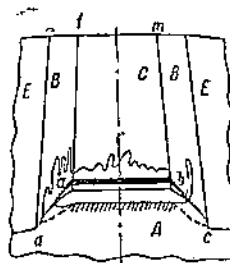
Интересны также сообщения завода о стойкости хромового слоя против отслаивания. Долбяк после хромирования имеет слой хрома и



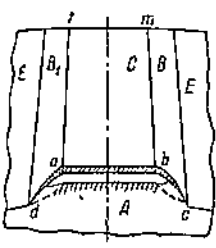
Фиг. 39. Общий вид износа черного нехромированного долбяка.



Фиг. 40. Общий вид износа хромированного долбяка.



Фиг. 41. Общий вид износа чистового нехромированного долбяка.



Фиг. 42. Общий вид износа чистового хромированного долбяка.

на передней грани. Опыты завода показали, что если не сделать заточку по передней грани, то слой хрома этой грани выкрашивается и влечет выкрашивание также по задним граням. Иногда выкрашивание удается избежать только после нескольких повторных заточек.

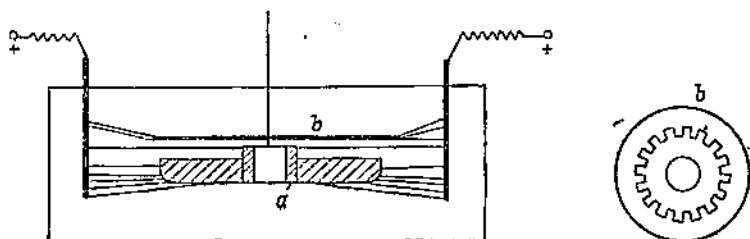
Хромирование, описанное в разбираемом сообщении завода, производилось при двух режимах.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС ХРОМИРОВАНИЯ ДОЛБЯКОВ

1. Полировка окисью хрома задних граней и передней (для черновых долбяков) для получения гладкой полированной поверхности, на которую лучше осаждается хром.

2. Промывка долбяка бензином.

3. Окончательная промывка спиртом.



Фиг. 43. Схема хромирования долбяка Феллоу.

4. Электролитическая обработка в ванне с электролитом: CrO_3 — 250 г/л, H_2SO_4 — 2.5 г/л. Режим: $D_K = 8-10$ А/дм², $t^\circ = 40^\circ\text{C}$, t' — 1 мин. (долбяк служит анодом).

5. Хромирование.

Долбяк надевается на патрон *а* (фиг. 43). Патрон подвешен при помощи медной проволоки к катодной шине. К патрону сверху прикреплен специальный экран *б* в виде согнутой проволоки. Аноды из свинца отстоят от краев долбяка на 120 мм каждый.

Обе партии долбяков хромировались при следующем составе электролита: CrO_3 — 250 г/л, H_2SO_4 — 2.5 г/л.

Режим хромирования:

I вариант: $t^\circ = 50^\circ\text{C}$, $D_K = 45$ А/дм², $t' = 20$ мин.

Цвет осажденного хрома — матовый.

II вариант: $t^\circ = 55^\circ\text{C}$, $D_K = 45$ А/дм², $t' = 60$ мин. (диаметр долбяка — 100 мм). Цвет осажденного хрома — блестящий белый.

Слой хрома, определенный расчетным путем из толщины слоя одновременно захромированной пластинки, равен 0.032 мм. При хромировании долбяки поворачивались на 180° (I вариант) или через каждые 15 мин. на 90° (II вариант).

6. Указанные партии долбяков обычной ($150-200^\circ\text{C}$) термообработке после хромирования не подвергались.

На основании описанных опытов и практики работы СЗТД пришел к следующим главным выводам:

а) покрытие зубьев долбяка хромом устраняет описанные выше "налипания" на них обрабатываемого металла, а следовательно, и все предные последствия этого явления. При применении хромированных долбяков уменьшается также выделение теплоты при нарезании шестерен благодаря уменьшению коэффициента трения, что увеличивает стойкость долбяков;

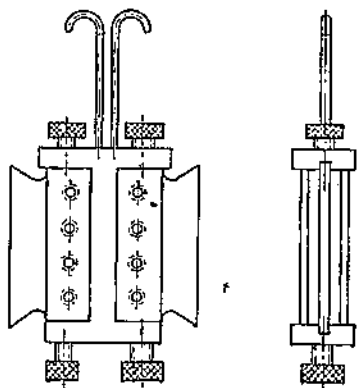
б) стойкость долбяка от заточки до заточки увеличивается от 4 до 8 раз. Толщина стачиваемого слоя сильно уменьшается и, кроме того, отпадает надобность в дополнительной зачистке задних граней;

в) долбяки с блестящим слоем хрома показали гораздо лучшие качества, чем с матовым слоем.

Из приведенных данных очень наглядно видны основные свойства хромового покрытия, описанные нами в предыдущих разделах нашей работы. Несомненно, что применение при хромировании долбяков современных улучшений этого процесса, например, термообработки хромированного долбяка при $150-200^{\circ}\text{C}$, уменьшения толщины слоя и увеличения плотности тока, анодного декапирования и т. п., должно еще более увеличить стойкость и работоспособность долбяков. Есть также основания полагать, что возможна замена быстрорежущей стали легированной или углеродистой инструментальной сталью.

Здесь небезинтересно отметить, что другой завод тракторных деталей (Омск) пошел по пути улучшения работоспособности аналогичных долбяков Феллоу при помощи цианирования в желтой кровяной соли $\text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6$ и также получил хорошие результаты. Преимущество же применения к долбякам хромирования заключается в том, что при хромировании представляется возможность замены дефицитных быстрорежущих сталей недефицитными инструментальными сталями при улучшенном качестве обрабатываемых деталей.

В качестве примера применения хромирования зуборезного инструмента приведем сообщение т. Фомина (карта Техсо № 1446, серия 8, 1938 г.) о хромировании ножей типа Глиссон. Резцы в совершенно законченном и заточенном виде доводят пастами ГОИ по передней грани и профилю. Хромирование их производят в специальном приспособлении (фиг. 44), которое помещается в хромовой ванне между двумя свинцовыми анодами в вертикальном положении. Расстояние между анодами $110-130$ мм. Состав электролита: CrO_3 , 250 г/л — H_2SO_4 , 2.5 г/л. Режим хромирования: $D_k = 45$ А/дм², $t^{\circ} = 55^{\circ}$, $t' = 60$ мин. Толщина слоя хрома — 0.03 мм. Твердость по R_{c150} — $65-70$ (очевидно, влияние подслоя). Слой хрома — блестящий. После хроми-



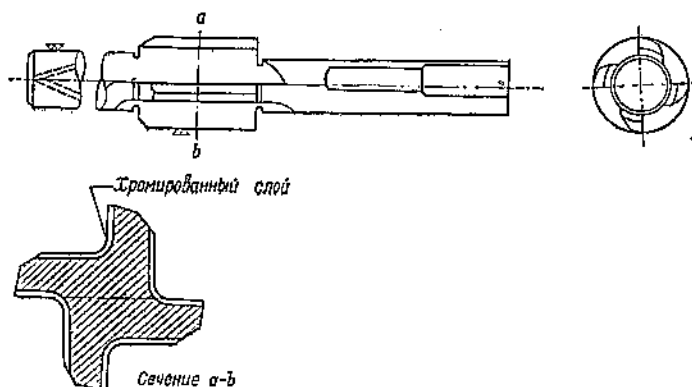
Фиг. 44. Приспособление для хромирования резцов к зубо-строгальным станкам типа Глиссон.

рования резцы доводятся тонкой пастой ГОИ посредством чугунных притиров.

Длительные испытания показали, что стойкость хромированного резца в 2—3 раза выше стойкости нехромированного, качество обработанной поверхности значительно лучше.

Опыт Горьковского автозавода и других заводов показал аналогичную картину.

Опыт Горьковского автозавода, например, указывает, что каждому нашему заводу необходимо просмотреть весь ассортимент своего режущего инструмента из быстрорежущей стали или ее заменителей, прежде всего, с целью выявления такого инструмента, который после соответствующей проверки можно заменить инструментом из обыч-



Фиг. 45. Способ покрытия хромом лезвий развертки.

ных инструментальных сталей с хромированными рабочими гранями, учитывая вышеуказанные свойства хромового покрытия.

Как мы уже указывали выше, ГАЗ произвел замену инструмента из быстрорежущей стали хромированным инструментом из углеродистой стали в протяжках и развертках с учетом условий их работы.

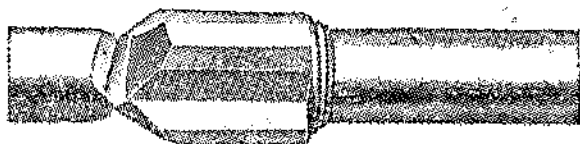
Следует отметить опыт ГАЗ в отношении разверток. Для устранения скалывания хрома с лезвия разверток он применил покрытие только части лезвия (фиг. 45). Наблюдение этого завода за характером износа лезвий нехромированных и хромированных разверток показало, что в нехромированных развертках из быстрорежущей стали, особенно изготовленных из сталей У10А и ХВГ, сильно изнашивается режущая кромка по всей развертке (фиг. 46). Износ хромированной углеродистой развертки (сталь У10) происходит только по торцевой части (фиг. 47). Такое же явление было констатировано и на других развертках. Поэтому ГАЗ рекомендует заточку таких разверток вести только с торца (фиг. 47, 48).

Комбинированные развертки состоят из режущих и направляющих частей. Таких разверток на ГАЗ около 30 наименований. Для ряда комбинированных разверток, как и для простых, возможна заме-

на быстрорежущей стали углеродистой. Для некоторых разверток такой замены сделать не удастся. В таких случаях следует приваривать направляющие части стыковой сваркой из стали 5140 или 1040 с последующим ее хромированием.



Фиг. 46. Развертка из стали РΦ₁. После работы имеет большое затупление.



Фиг. 47. Развертка из стали У10, хромированная. После работы имеет незначительное затупление.

Из особых видов хромирования режущего инструмента и штампов укажем еще на хромирование некоторых видов режущего инструмента малых габаритов (подробно см. карту Техсо № 674, серия 8, 1937 г.) из опыта 1-го Государственного часового завода.

Описывается опыт хромирования следующего инструмента: 1) метчики диаметром 0.9 мм, 2) дисковые фрезы диаметром 25 мм, толщиной 2 мм, 3) перовые сверла диаметром 0.75 мм. Инструмент предназначен для обработки мягких металлов (железо, латунь, бронза и т. п.).

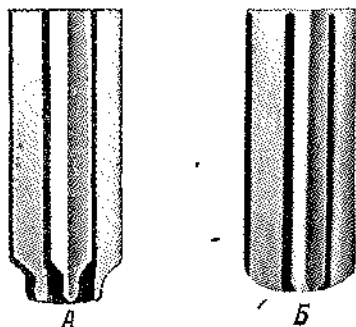
Примерный режим хромирования:

1. Электролитическое обезжиривание. Раствор: 20 г едкого натра, 10 г поташа, 2 г растворимого стекла, 1 л воды. $t^\circ = 60-65^\circ\text{C}$, $t' = 3-4$ мин., $D_k = 6 \text{ A/дм}^2$.

2. Декапирование в 70% растворе серной кислоты.

3. Хромирование. Ванна следующего состава: CrO_3 — 250 г/л H_2SO_4 — 2—2.5 г/л. Режим: $D_k = 25 \text{ A/дм}^2$, $t^\circ =$ не выше 50°C . Толщина слоя — около 6μ.

4. Термообработка после хромирования в машинном масле. $t^\circ = 150^\circ\text{C}$, $t' = 30-40$ мин.

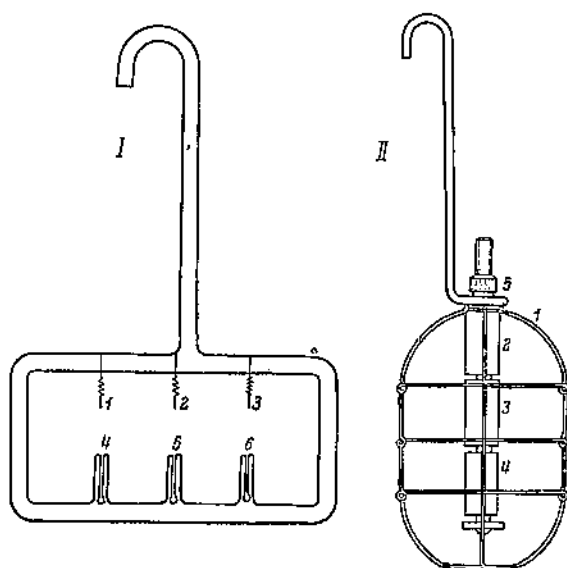


Фиг. 48. Развертка 12-У-292.

А — после заточки; Б — до заточки.

После каждой операции следовала тщательная промывка проточной водой.

Для предупреждения „подгоревших“ осадков на остриях инструмент навешивался режущей частью кверху (метчики и сверла), почти на уровне электролита. Это в значительной мере предохраняло рабочую часть метчика от излишнего скопления силовых линий. Однако эта предосторожность оказалась недостаточной, и пришлось прибегнуть к защитному катоду, который был установлен от инструмента на расстоянии 3 мм. Для фрез употреблялся защитный катод наподобие



Фиг. 49. Рамки для хромирования инструмента.

1—для метчиков и перовых сверл. 1—3—защитные катоды; 4—6—гнезда для вставки инструмента. II—для дисковых фрезеров. 1—защитный катод; 2—втулка, между которыми устанавливается фрезер; 5—резьбовая гайка, скрепляющая втулки с инструментом.

каркаса цилиндрической формы, ободки которого приходились против каждой фрезы на расстоянии 6 мм (фиг. 49). Для определения толщины слоя на резьбовом инструменте была составлена из экспериментальных данных табл. 4.

Были установлены следующие оптимальные режимы:

- 1) для метчиков $D_k = 20 \text{ А/дм}^2$, $t^\circ = 45^\circ \text{С}$, толщина слоя 6 μ , термообработка при 150°С в течение 30—45 мин.;
- 2) для перовых сверл $D_k = 15 \text{ А/дм}^2$, $t^\circ = 45^\circ \text{С}$, толщина слоя—10 μ , термообработка при 150°С в течение 30—45 мин.;
- 3) для фрез $D_k = 25 \text{ А/дм}^2$, $t^\circ = 50^\circ \text{С}$, толщина слоя—13 μ , термообработка при 150°С в течение 30—45 мин.

Таблица 4

№ п/п.	Температура (в °C)	Плотность тока (в А/дм ²)	Продолжительность хромирования (в мин.)	Покрываемая площадь (в дм ²)	Вес осадка хрома (в г)	Толщина слоя (в мм/час)	Выход по току (в %)	Примечание
1	40	10	30	0.4	0.1235	0.009	19.1	Осадок блестящий
2	45	15	30	0.4	0.1832	0.013	18.8	То же
3	45	20	30	0.4	0.2509	0.018	19.2	Осадок блестящий по краям пригорание
4	50	25	30	0.4	0.3243	0.023	20.2	Осадок блестящий
5	50	35	30	0.4	0.5107	0.035	22.5	Осадок блестящий по краям пригорание
6	55	40	30	0.4	0.5280	0.037	20.4	То же
7	60	50	30	0.4	0.5984	0.044	21.4	То же

В результате хромирования данных видов инструмента при работе их по железу, меди, бронзе и т. п. средний срок службы их повышался в 5—8 раз.

В общем нужно сказать, что хромирование дало положительные результаты на режущем инструменте, штампах, прессформах для пластмасс, литейных формах, валиках для холодной прокатки, волоочильных кольцах, протяжных, обсадных и других штампах, а также на ковочных штампах. В первую очередь хромированный режущий инструмент из углеродистой и низколегированной инструментальной стали применяется для чистовой обработки легких металлов и сплавов (алюминий, магниевые сплавы, электрон, силумин), медных сплавов, бронз, фибры, пластмассы и т. п. В ряде случаев неплохие результаты показало применение некоторых видов хромированного режущего инструмента при обработке вязких сталей, налипающих на лезвие инструмента, и в тяжелых условиях работы (черновые долбяки Феллоу и т. п.).

В некоторых случаях при обработке алюминиевых сплавов удается заменить смазку керосином применением хромированного инструмента, не дающего налипания стружки на лезвие и, следовательно, дающего хорошо и чисто обработанную поверхность. Вышеуказанное, конечно, не исключает успешного применения хромированного инструмента и при обработке обычных и твердых сталей.

Однако к решению задачи применения хромирования режущих инструментов на заводах следует подходить в каждом случае индивидуально, учитывая, как указывалось выше, все современные достижения в данном технологическом процессе и условия работы инструмента.

Для режущего инструмента, изготовленного из высоко- и низколегированных быстрорежущих сталей, хромирование следует применять

в ряде случаев главным образом как добавочное средство, улучшающее работоспособность инструмента, предварительно прошедшего химическую обработку и цианирование (исследования в указанном направлении в настоящее время нами ведутся).

Следует особо отметить исключительную эффективность применения хромирования к штампам для холодной штамповки, в особенности для некоторых видов спецпромышленности. Вышемы приводили современные достижения в этом отношении одного завода (ванны для одновременного хромирования различного инструмента, анодно-катодные приспособления и т. п.). Особенно незаменимым оказалось применение хромированных штампов для штамповки изделий из цветных металлов и железа, плакированного различными сплавами цветных металлов. В указанном случае хром, помимо использования его для значительного повышения стойкости штампов и возможности их восстановления, является незаменимым средством против „налипания“ штампуемого металла на инструмент. При этом следует также отметить, что этот завод добился хороших результатов применения хромирования далеко не сразу. До тех пор, пока он не применил мероприятий по тщательной подготовке поверхности инструмента, не применил новейших достижений в области самого технологического процесса хромирования — он не имел достаточно эффективных результатов. Картина резко изменилась с принятием заводом мер, указанных выше.

Эти примеры указывают на то, что эффективность применения хромирования в большинстве случаев несомненна, значительна и имеет большое народнохозяйственное значение. Они показывают также, что в каждом отдельном случае необходим квалифицированный индивидуальный подход и что особое значение имеет изучение современных достижений в данной области, своевременный обмен опытом, повышение уровня знаний в данной области наших инструментальщиков и хромировщиков. Исключительное значение для дальнейшего повышения эффективности и расширения области применения процесса хромирования рабочего инструмента играет также изучение и усовершенствование всех недостаточно еще разработанных его частей, о которых мы говорили выше в различных разделах настоящей работы.

НЕКОТОРЫЕ ПРАКТИЧЕСКИЕ СООБРАЖЕНИЯ ПО ВЕДЕНИЮ ПРОЦЕССОВ ХРОМИРОВАНИЯ

Основные правила приготовления хромовых ванн заключаются в следующем.¹

Хромовый ангидрид подвергается анализу на содержание в нем серной кислоты. Сорта, содержащие более 1% H_2SO_4 , непригодны для составления ванны. Обычно все сорта химически чистого хромового ангидрида содержат около 0.25—0.4% H_2SO_4 .

На эти количества следует уменьшать вводимое количество серной кислоты, т. е. брать в этом случае 0.75—0.60%, а не 1%.

¹ Забышев Е. И. Хромирование измерительных инструментов и других металлоизделий, ГОНТИ, стр. 25 и др., 1931

Для приготовления ванны следует брать дистиллированную или чистую дождевую воду, иначе в ванне накапливаются вредные соли.

Как мы уже указывали выше, весьма важным для современных ванн является установление правильного содержания в них трехвалентного хрома. Это достигается предварительной проработкой ванны током. Практика показала целесообразность кратковременной проработки хромовой ванны каждый день перед работой, причем вначале в качестве катода следует применять какой-нибудь бракованный предмет или металлические пластинки. Практически представляет также интерес приведенный нами способ одного завода применяемый им для избавления от излишков трехвалентного хрома во время работы без останова ванны.

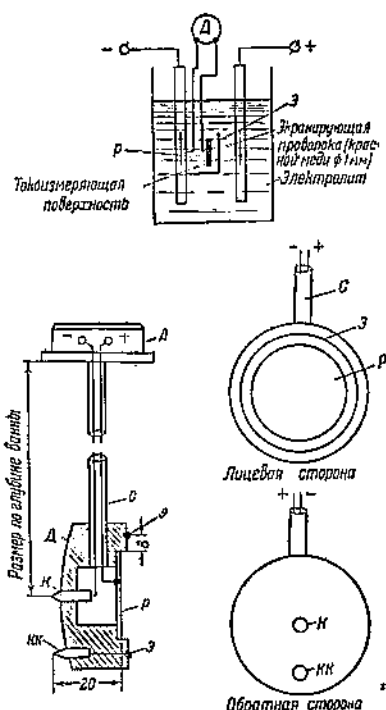
Присутствие железа в хромовом электролите свыше 10 г/л нежелательно в виду увеличения сопротивления электролита прохождению тока и сужения рабочего интервала.

Из методов определения железа в хромовой ванне укажем описанный в карте Техсо № 792, серия 3, 1938 г. В качестве профилактического мероприятия укажем на способ, предложенный стахановцем т. Бескровным (карта Техсо № 1110, серия 3, 1938 г., из опыта харьковского завода „Серп и молот“). Он предложил применять постоянный магнит, который при помощи клещей опускается в ванну и перемещается по ее дну. Все находящиеся в ванне ферромагнитные примеси притягиваются магнитом. После извлечения магнита из раствора примеси счищаются с него в направлении его нейтрального пояса, т. е. к середине, откуда их затем легко удалить.

Определение плотности тока. Обычно плотность тока, которую желают получить на хромируемом изделии, определяется путем опыта и расчета. Употребляют для этой цели и контрольные пластинки, которые хромируются одновременно с изделием. В практике цехов плотность тока на поверхности изделия определяют прибором, состоящим из амперметра, токоподводящего стержня и токоизмеряемой поверхности в 1 дм^2 . Показания этого прибора при загрузке в ванну больших поверхностей не соответствуют истинной плотности тока на изделиях, так как этот прибор контактируется катодной штангой, а не изделием; поэтому не учитывается потеря напряжения в подвесках, контактах и в самом материале. При применении этого прибора для измерения плотности тока на изделиях с большими поверхностями погрешность в его показаниях достигает 300% в сторону увеличения от фактической плотности тока на изделиях.

Ниже мы опишем прибор, который рекомендуется его автором для определения плотности тока в любой точке поверхности предмета, чего нельзя достигнуть другими приборами, исключает необходимость применения контрольных пластин и значительно ускоряет процесс испытания (до нескольких минут). При этом косвенным путем выявляется правильность монтажа навешиваемых изделий, обнаруживается чрезмерная потеря напряжения в контактах, подвесках и анодах. По конструкции прибор очень прост, и обращение с ним не требует специальных знаний.

Прибор этот (фиг. 50) состоит (карта Техсо № 893, серия 3, 1939 г.) из следующих элементов: амперметра постоянного тока A , трубки C , изолирующей проводники от раствора, латунной пластинки P , имеющей наружную поверхность, равную 0.5 или 1 дм² и служащей токонизмеряющей поверхностью прибора. Эта пластинка врезана в эбонитовый кожух D , который навинчивается на трубку C . С противоположной стороны пластинки P в эбонитовом кожухе D , имеющим



Фиг. 50. Прибор для определения плотности тока.

в этом месте полуовальную форму, располагается контактный штифт K , замыкающий электрическую цепь от пластинки P через амперметр A в исследуемой точке поверхности листа. Рядом с контактом K имеется второй контакт KK , соединяющий тонкую проволочку $Э$ с испытываемым участком листа. Проволочка $Э$ расположена вокруг пластинки P , на некотором расстоянии от нее, в желобке эбонитового кожуха D и служит экранирующим кольцом, введенным по конструктивным соображениям в качестве поправки на разность расстояний исследуемой точки покрываемого листа и токонизмеряемой пластинки P от анода (поправка на толщину прибора). Контактный штифт K и пластинка P при помощи проводников, проходящих внутри трубки C ,

соединяются с амперметром А. Контакт KK' с экранирующей проволокой Э в эту электрическую цепь не включается.

Пользуются прибором следующим образом. Стержень прибора с эбонитовым кожухом опускают в работающую гальваническую ванну и прижимают контактные штифты K и KK' к исследуемой точке поверхности покрываемого изделия. Затем отсчитывают показания силы тока на амперметре, которые и являются фактической плотностью тока в этой точке поверхности. Прибор можно изготовить не с двумя контактами, а с одним, но электрическая цепь от экранирующей проволоки должна проходить через амперметр (прибор с одним контактом рекомендуется для работы с хромовыми покрытиями).

Из приборов отечественного происхождения для определения толщины хромового покрытия на листах укажем прибор проф. Акулова.¹

¹ „Вестник металлопромышленности“, № 9, 1939. В настоящее время этот прибор усовершенствуется.

Описание изобретения к авторскому свидетельству, выданному Народным комиссариатом тяжелой промышленности

В. Н. Кононов
СПОСОБ ХРОМИРОВАНИЯ

Зарегистрировано в Государственном бюро последующей регистрации изобретений при Госплане СССР

Заявлено 23 февраля 1937 г. за № ТП-5670

Опубликовано 28 февраля 1938 г.

Известно промышленное применение хромирования с плотностями тока в 45—75 А/дм² и, как исключение (для ограниченного вида хромирования сверла), в 125—175 А/дм².

Хромирование с низкими плотностями тока имеет ряд отрицательных сторон: а) узкий рабочий интервал плотности тока и температуры, вызывающий необходимость строго выдерживать определенную температуру и плотность тока; б) плохая рассеивающая способность; в) беспористые отложения хрома могут быть получены в очень низких пределах толщины слоя хрома (до 0,006 мм) — при увеличении толщины слоя увеличивается количество и размер пор.

Существенным недостатком является также неравномерное отложение хрома на поверхности инструмента или части оборудования (что вызывает необходимость дополнительных трудоемких операций шлифовки и доводки), низкий выход металла по току (13—15%), медленный процесс осаждения хрома, обычно протекающий от 2 до 4 и даже до 7 час., и частый анализ — корректировка ванны.

Предлагаемый способ хромирования имеет своей целью устранение вышеуказанных недостатков и заключается в том, что хромируемое изделие подвергается анодной обработке в хромовом электролите при плотностях тока до 600 А/дм², а хромирование ведут при $D_k = 175—475$ А/дм² и температуре 62—72° С.

Технологический процесс складывается из следующих операций:

1. Обезжиривание в трихлорэтилене (щелочное обезжиривание не допускается).

2. Промывка в горячей проточной воде при температуре 95—99° С.

3. Анодная обработка для выявления структуры металла в электролите из 9 частей серной кислоты (уд. вес 1,84), 1 части воды и 50 г/л глицерина. Анодная плотность тока $D_k = 50—75$ А/дм².

Температура комнатная, время 15—25 сек.

4. Промывка в горячей воде (для углеродистых сталей обработка в 2—3% плавиковой кислоты в течение 1 мин.).

5. Промывка в горячей проточной воде при температуре 90—99° С.

6. Анодная обработка в хромовом электролите, в котором протекает процесс хромирования, с переключением тока без вынимания хромируемого изделия. Анодная плотность тока 500 А/дм².

Время 1—2 сек.

7. Хромирование.

Состав электролита:

CrO_3	— 170 — 250	г/л
H_2SO_4	— 0.8 — 2.2	"
H_3BO_3	— 8 — 12	"

Температура электролита 62—70°C.

Плотность тока $D_k = 175\text{—}475 \text{ А/дм}^2$.

В начале хромирования дается „толчок“ при плотности тока $D_k = 600 \text{ А/дм}^2$ (время — мгновенно); потом плотность тока снижается до рабочей, равной 175—475 А/дм².

Расстояние от катода до анода 7—25 мм. Аноды изготавливаются фигурные, материал анодов обычный — свинец с 6—8% сурьмы.

8. Промывка в горячей воде.

Преимущества работы по предлагаемому способу следующие:

1. Сокращается длительность процесса хромирования.

2. Расширяется рабочий интервал, позволяющий работать при плотностях тока и температурах в широких пределах.

3. Достигается мелкокристаллическая структура отлагаемого хрома с отсутствием пор при практически применяемых толщинах слоя хрома.

4. Достигается хорошая сцепляемость хрома с основным металлом, что позволяет хромировать изделия, работающие на ударную нагрузку.

5. Получается равномерное отложение слоя хрома на рабочей поверхности изделия, чем устраняется и „стекаемость“ хрома, что в свою очередь исключает трудоемкий процесс шлифовки и доводки изделия до точных размеров.

6. Увеличивается рассеивающая способность.

7. Увеличивается выход металла по току (до 20% и выше).

8. Не сказываются на работе колебания в концентрации хромовой кислоты и других компонентов в широких пределах, что в свою очередь устраняет необходимость частого контроля электролита и корректирование его.

Предмет изобретения. Способ хромирования различных инструментов и частей оборудования путем предварительной подготовки изделий анодной обработкой в ванне, в которой затем производят хромирование, отличающийся тем, что анодную обработку производят при плотностях тока до 600 А/дм², а процесс хромирования — при плотности тока 175—475 А/дм² и температуре электролита 62—70°C.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лайнер В. И. Хромирование металлов, Цветметиздат, 1932.
2. Wainer R. Zur Theorie der elektrolytischen Verschromung, Z. f. Elektrochemie, 1937, Bd. 43, Nr. 10, 808.
3. Мюллер. Дискуссионная статья, Z. f. Elektrochemie, Bd. 43, 361.
4. Баймаков Ю. В. Электролитическое осаждение металлов.
5. Изгарышев Н. А. Электрохимия и ее техническое применение.
6. Pfalhaus. Galvanotechnik, 1928.
7. Моррисон и Джилль. Цианирование быстрорежущей стали в расплавленных цианистых солях. Специальная брошюра, изданная Американским обществом к дискуссии 1939 г.
8. Хэнкинс. The Proceed of the Institution of Mechan. Engin., 1929, № 2, 317.
9. Döhmer. Ein neuer Kleinhärteprüfer zur Bestimmung der Härte dünnster Schichten mit Diamantpyramide; Werkstattstechnik, 15/VIII, 1939, Bd. 33, No. 14, 357—359.
10. О'Нейлль. Trans. of the Faraday Soc., vol. 37, p. 41, 1931.
11. Розенберг Е. М. Об испытании материалов царапанием. Специальное издание Академии Наук СССР, Отделение технических наук, Институт машиноведения, 1939. Доклады на Всесоюзной конференции по трению и износу, 536.
12. Piersol R. Trans. of the Amer. Electrochem. Soc., 1929, vol. 58, 371. Chimie et Industrie, 1936, vol. 36, 631; Chemisches Zbl., 1934, 1, 7 8.
13. Фрейлих, Chemisches Zbl., 1934, 753.
14. Креннг. Коррозия металлов, ОНТИ, 1936, 287.
15. Мэгготен The Journ. of the Iron and Steel Institute 1924, vol. 109, 409.
16. Мэгготен и Хотерсолл. Trans. of the Faraday Soc., 1935, vol. 31, 1168.
17. Портвэн и Символист. Revue de metallurgie, 1933, № 8, 323.
18. Хотерсолл. Metal Industry (London), 1936, vol. 48, 117.
19. Финч и Кворэль. Trans. of the Faraday Soc., 1936, vol. 32, 852.
20. Жакэ. The Electrochemical Soc., 1934, предварит. оттиск, 66—28, p. 309.
21. Хотерсолл. Trans. Amer. Elektrochem. Soc., 1933, vol. 64, p. 69.
22. Символист. Bulletin Soc. Franc. Electr., 1934, vol. 4, № 47, 1137.
23. Жакэ. Comptes Rendus, 1934, avril, 1313.
24. Беннистер. Metal Industry (London), 1935, vol. 46, 701.
25. Блэм. Metal Industry (London), 1936, vol. 49, p. 45.
26. Мари и Гон. Journal de Chimie Physique, 1918, vol. 24, p. 11.
27. Виллемье. Trans. of the Amer. Electrochem Soc., 1922, vol. 42, p. 20.
28. Кольшюттер и Виллемье. Z. f. Elektrochemie, 1918, vol. 24, 300.
29. Зусин Г. Опыт работы ГАЗ по твердому хромированию, Коррозия и борьба с ней, т. III, № 5—6, 454, 1937.
30. Материалы Конференции по хромированию, Коррозия и борьба с ней, т. III, № 5—6, 1937.
31. Забываев Е. И. Хромирование измерительного инструмента и других металлоизделий, ГНТИ, 1931.
32. Федоров Ю. Быстрое хромирование и его практическое использование, ГНТИ, 1931.

33. Соловьев Н. А. Практическое руководство по хромированию инструментов, Госметиздат, 1933.
34. Биллигер Ж. Основы гальванотехники, ОНТИ, 1937.
35. Лайнер и Кудрявцев. Основы гальваностегии, ОНТИ, 1937.
36. Крауз. Гальванотехника, Цветметиздат, 1933.
37. Лобанов. Хромирование металлов и инструмента, ОНТИ, 1936.
38. Маккиа О. О твердости электролитических осадков хрома и их применении, Сборник Электрохимета, в. 1, 1933.
39. Морозов. Отчет по сравнительному испытанию хромированных и нехромированных напильников, рукопись.
40. Школьников А. Хромирование напильников, Станки и инструменты, 1937, № 8, 27.
41. Elssner G. Verchromung von Oberflächen, Z. VDI, 1934, № 13, 415.
42. Хромирование инструментов. Перевод из „Maschinenbau“, 1932, № 17, ЦИТЭИН-СО, серия ТПИ, № 416—418.
43. Хромирование инструмента с последующей цементацией хромом, Отчет работы лаборатории коррозии ЦНИИМАШ.
44. Андреева. Хромирование мерительного инструмента, Отчет лаборатории завода „Калибр“.
45. Николаев П. А. Хромирование валового, мерительного и режущего инструмента.
46. Хромирование режущего и мерительного инструмента, Отчет Центральной заводской лаборатории ГАЗ, 1938.
47. Исследование влияния хромирования на стойкость долбяков Феллоу, Отчет завода Трактородеталь, Саратов, 1936—1937.
48. Работы по размерному хромированию, Отчет завода для Сар. ГПЗ.
49. Korrosion und Metallschutz, 1937, 7—8, 169. Реферат-карта Техсо, № 1025, серия 3, 1938.
50. Векарович А. М., Тайц С. А. Памятка по технике безопасности для рабочих хромировщиков, М.—Л., ОНТИ, Сектор ведомств. литературы, 1936.
51. Забываев Е. Термическая обработка хромированных изделий с целью получения наиболее эластичного хрома, Точная индустрия, 1939, № 1.
52. Малышев В. К. Цементация, нитрирование и хромирование, ОНТИ, 1936.
53. Мережко В. Г. Экспериментальная хромировочная мастерская, Паровозник, 1937, XI, № 22, 19.
54. Методы обработки хромированием. Из книги Брюшкова А. В. „Проектирование инструментального хозяйства автотракторных заводов“, ОНТИ, ч. 2, раздел VII, гл. I, 207, 1936.
55. Новый метод хромирования деталей. Авиапромышленность, 1937, № 3, 77.
56. Хромирование инструментов. Из книги Рустема С. Л. „Справочник и руководство по термической обработке инструмента“, гл. VII, 169, ОНТИ, 1937.
57. Assman R. Verchromung aus flusssäurehaltigen Chromsäurelösungen, Chemiker Zeitung, 1935, Bd. 59, Nr. 17.
58. Bonnet Ch. L. Comment obtenir les meilleurs résultats avec les outils de coupe chromées, Machine Moderne, t. 126, p. 125, 1934.
59. Electric heat, simplified chrome plating for large manufacturer, Electr. Production, 1936, IV, t. 12, No. 2, p. 5.
60. Nugent J. Air agitation in chromium plating, Met. Ind., London, 1937, 28, vol. 50, No. 22, 612.
61. Pfannhauser W. Ersparnisse im Werkzeuge und Maschinenbau durch Hartverchromung, Metallwirtschaft, 1936, 4/XII, Bd. 15, Nr. 50, 1178.
62. Simonds H. R. Some recent developments in chromium plating, Iron Age, 1936, vol. 138, July 16, 38.
63. Stop of Laquer for use in chromium plating, Machinery, (N. Y.), 1935, t. 42, No. 2, 164.
64. Störungen beim Verchromen und ihre Abhilfe, Metall-Wochenschr., 1936, vol. IV, Nr. 14, 263.

65. Wasserstoffaufnahme und Härte der Verchromungen, Metall-Wochenschr., 1936, vol. IV, Nr. 14, 263.
66. Новый метод хромирования, Science News, 1936, No. 71. *
67. Шавердова А. Н. Опыт применения защитной жидкости при электролитическом хромировании металлов, Гигиена труда и техника безопасности, 1937, № 1, 89.
68. Blaschke. Schwarzverchromung, Chem. Apparatur, 1936, 25/X, t. 23, Nr. 20; Werkstoff und Korrosion, 73.
69. Gebaer K. Die Hartverchromung und ihre Anwendungsgebiete, Korrosium und Metallschutz, 1937, VII—VIII, Nr. 7—8, 289.
70. Piersol R. Laminated chromium plating, Metal Cleaning & Finishing, 1937, III, t. 9, No. 3, 209.
71. Stainless coating by an improved chroming process, Iron Age, 1936, 1/III, t. 137, No. 11, 35.
72. Weiss A. Glanzchrom-Grauchrom-Schwarzchrom, Oberflächentechnik, 1936, 5/V, Bd. 13, Nr. 9, 101.
73. Хромирование матриц, стаканов, гильз и подобных изделий, Мировая техника, 1935, № 5, II.
74. Leipziger Frühjahrsmesse Metall-Oberflächen-Vergütungsverfahren, Fachzeit. für Blechbearb., 1937, Nr. 12, 176.
75. Хромирование калибров штампов, форм и разверток. Приложение к журналу „Машинери“, кн. № 226. Перевод имеется на станкозаводе им. С. Орджоникидзе.
76. Thibaudat A. Le chromage des outils de coupe, Galvano, 1937, № 59, 21—23.
77. Posern A. J., Schmidt M. Die Hartverchromung, VDI, 1938, t. 82, Nr. 17, 489.
78. Хромирование инструмента. Русская и иностранная журнальная литература 1937 г. Указатель библиограф. работ, Гос. научн. библ. НКТП—июль 1937 г.—июль 1938 г., ГНБ, 1939.
79. Хромирование инструментов. Русская и иностранная книжная литература 1930—1936 гг. Библиографические работы Гос. научн. библ. НКТП с 1 января по 1 июля 1937 г., ГНБ, 1938.
80. Хромирование режущего и мерительного инструмента, Библиографический список, проработанный научно-тех. библ. ЦИАМ за 1935 г.
81. Nemser D. Industrial chromium plating, Iron Age, 1934, t. 133, № 5, 14; No. 6, 18.
82. M. J. Outils de coupe chromes, Pratique des Industries mécaniques, 1934, t. 17, No. 8, 374.
83. Verchromte Schneidwerkzeuge, Werkstattstechnik, 1934, Nr. 10, 207.
84. Выгоды хромирования режущего инструмента, Американская техника и промышленность, № 3, 1934.
85. Влияние хромирования на срок службы измерительного и режущего инструмента, Вестник металлопромышленности, 1934, № 8—9.
86. Chromium plated cutting tools, Machinery, N. Y., 1936, VIII, t. 42, No. 12, 792.
87. Die Verchromung von Werkzeugen., Klepziige Anzeiger., 1937, 28/V, Nr. 22, 6—8.
88. Getting best results from chromium-plated tools, Machinery, N. Y., 1933, t. 40, No. 4, 212.
89. Ueber die Verchromung von Werkzeugen, Oberflächentechnik, 1933, Nr. 6, 58.
90. Смирнов. Опыт хромирования метчика, Станки и инструмент, 1933, № 9, 22.
91. Христофоров. Хромирование сверл, Знамя ударника, 17/II 1939 г., № 25, Инструм. завод им. Сталина, Таганрог.
92. Хромирование увеличивает продолжительность службы инструментов и штампов на автозаводах, Американская техника и промышленность, 1934, № 10, 546.
93. Федоров Ф. Г. Хромирование инструментов, Менжинец, 9, завод им. Менжинского, 19/I 1937 г.
94. Чураков Н. В. помощь хромировщику, ОГИЗ, Москва—Самара, 1933.
95. Хромирование в инструментальном производстве, Werkstattstechnik, 1936, Nr. 11.

96. Побежимов М. З. Усилия резания при нарезании резьбы метчиками, За сталинские снаряды, 1936, № 2/3, 15—24.
97. Хромирование режущего инструмента (завод им. Калинина — Ленинград), Новости техники, 1933, № 7, 262, статья 56.
98. Vincent J. Chromium plated taps for bakelite, Machinist, 1933, 17/VI, 293E.
99. Chromium plating for dies, Mech. World., 1935, t. 98, No. 2555, 602.
100. Coating with metals, Abridgements of specifications, 1936, gr. 11, c. 9.
101. Chromium plated dies and tools, Machinery, 1935, t. 46, No. 1196, 795.
102. Verchromte Werkzeuge, Anzeiger f. Maschinenwes., 1937, 15/X, Nr. 83, 17.
103. Verchromte Werkzeuge, Apparatebau, 1937, 8/XII, Nr. 28, 272.
104. Ellingham H. J. T. The future of electrode position, Prospects for a new range of metals, Chem. Age, 1936, 3/X, t. 35, No. 901; Metallurg. Section, 23.
105. J. A. H. Chromium plating for dies, „Mod. Eng.“, 1936, 20/II, t. 10, No. 2, 92.
106. Krämer O. Die Hartverchromung, Metallwaren. Ind., 1938, 1/X, Nr. 19, 411.
107. Наилучшее использование хромированных режущих инструментов, Machinery, N. J., 1933, t. 40, No. 4.
108. Chromium plating metall patterns increases life of steel, 1936, 16/III, t. 98, No. 11, 44.
109. Хромирование (несущих) поверхностей штампов, Automat. Ind., 1936, No. 9, 349.
110. Хромирование увеличивает долговечность штампов в 30 раз, Autom. Eng., 1936, Sempar.
111. Франсон. Хромирование в качестве защиты от окисления, Stahl und Eisen, 1936, Nr. 15, 448.
112. Лапин Н. П. и Гольц Л. Н. Электролитическое хромирование, Л., Госхимтехиздат, 1938, 123.
113. Сборник по хромированию, под ред. Лейнера, ОНТИ, 1934.
114. Виллик. Хромирование стали при высоких температурах и токе большой плотности с целью защиты от износа, ЦИТЭИН-СО Техпропа, НКТП, 21—30/V, 32.
115. Лелянд, Грант и Лерой, Грант Ф. Твердость и структура осадочного хрома, Сборник по хромированию, Под ред. Лейнера, 1934, 121.
116. Контроль технологического процесса гальваностегии. Картоoteca Техсо, 1937, № 246.
117. Бялобжеский А. В стандартизации металлопокрытий, Вестник металлопромышленности, 1938, май, № 5, 107.
118. Гершуна А. А. Металлографическое исследование электролитических покрытий, Заводская лаборатория, 1937, февраль, т. VI, № 2, 195.
119. Гершуна А. А. Физико-механические испытания электролитических покрытий, Вестник металлопромышленности, 1938, № 3, 84—91.
120. Жакс П. Реф. на русском языке. Экспериментальное изучение кристаллической структуры электролитических покрытий, Металлург, 1938, № 10, 131—133.
121. Измерение гальванического покрытия резьбы, Американская техника и промышленность, 1937, 14, № 4, 199.
122. Келтер М. О. Прибор для определения толщины защитных гальванических покрытий, Заводская лаборатория, 1936, ноябрь, т. 5, № 11, 1936.
123. Bausch and Lomb. Electroplaters microscope, Met. Ind., 1935, Oct., t. 33, 368.
124. Bestimmung der Dicke dünner metallischer Oberflächenüberzüge, Maschinenbau, 1936, Oct., t. 15, H. 19/20, 552.
125. Control of electroplating, Steel, 1936, No. 4, 5, 6 и 7, стр. 37, 43, 69.
126. Symboliste M. О применении микроскопа для контроля плотных электролитических осадков. Значение правильной кристаллической структуры, Revue de Nikel, 1934, vol. 5, № 4, 160—164.
127. Ewing D. T. Применение спектрального анализа для исследования электролитических покрытий. Monthly Rev. Amer. Electroplat. Soc., 1936, t. 23, No 6, 27.

128. Ferris W. Применение микроскопа для электролитических покрытий, Met. Ind. N.Y., 1934, t. 32, 239.
129. Глазунов А. Применение скоростного электрографического метода для испытания гальванических покрытий, Metallwag. Ind. Galvanotechn., 1935, t. 33, 347—349.
130. Глазунов А. Быстрый метод определения свойств металлических покрытий, Заводская лаборатория, 1935, IV, № 1, 76—79, Картотека Техсо, 1935, сер. 5, № 8075. Перевод из „Iron Age“, t. 134, No 1, 12—14.
131. Hotherhall A. W. Усовершенствование в методике контроля получения гальванических покрытий Foundry Trad. Jour., 1936, 17 sept., vol. 55, No. 1048, 211.
132. Hotherhall A. W. Влияние основного металла на структуру электролитических покрытий. Исследования микроструктуры, Trans. Faraday Soc., 1935, XXXI, No. 172, 1243—1248; Met. Ind., L., Febr., t. 46, No 5, 151.
133. Jaquet P. О значении микроскопического метода исследования структуры электролитически осажденных покрытий, Comptes Rendus Acad. Sci., 1937, Mai, vol. 204, № 18, 1320—1322.
134. Measurement of the thickness of electrodeposits, Nickel Bull., 1937, vol. 10, No. 6, 121—125.
135. Measuring the thickness of electrodeposits, Metallurgia, 1937, vol. 16, No. 93, p. 97—98.
136. Mills E. Толщина электролитических покрытий и методы ее измерения, Engineering, 1937, vol. 144, No. 3730.
137. Piersol R. J. Измерение прочности сцепления электролитических покрытий, Metal cleaning & finishing, 1934, vol. 5, No. 12, 508.
138. Pinner A. L. Испытания и стандартизация защитных покрытий. Методы испытания на износ и царапание покрытых образцов, Machinist, 1938, vol. 81, Nr. 49, 1213—1215.
139. Методы измерения толщины гальванических покрытий в цехе, Machinist, 1936, vol. 80, Nr. 38, 773—774.
140. Испытательная аппаратура для электролитических покрытий, Metall. clean & Finish., 1936, vol. 8, No. 11, 799.
141. Wood W. A. Рентгеновский метод обнаружения различий в структуре электролитических металлических покрытий, Trans. Faraday Soc., 1935, vol. 31, No. 172, 1248—1253.
142. Тейтельман Д. Н. Хромирование в авторемонте, изд. Наркомхоза РСФСР, 1939.

СОДЕРЖАНИЕ

	<i>Стр.</i>
Предисловие	3
Введение	5
Процесс хромирования	8
Основные определения, применяемые в процессах хромирования, и свойства современных хромовых ванн	14
Физико-механические свойства хромового покрытия и их зависимость от режима хромирования	20
Современные конструкции ванн для одновременного хромирования различного инструмента	28
Мероприятия по борьбе с неравномерностью отложений хрома на поверхностях инструмента и штампов	31
Выбор типовых технологических процессов хромирования режущего инструмента, штампов и прессформ	42
Примеры хромирования инструмента	52
Технологический процесс хромирования долбяков	54
Некоторые практические соображения по ведению процессов хромирования	60
Приложение	64
Литература	66

Подписано к печати 5/II 1941 г. Объем 4 $\frac{1}{2}$ п. л. и 2 вкл В 1 п. л. 46000 печ. зн. уч. изд. л. 5,32
Тираж 3000 экз. А34529 РИСО № 1600—704. Цена книги 2 р. 70 коп. Зак. 2169

Школа ФЗУ ОГИЗа треста «Полиграфкнига» Москва, Хохловский, 7.

ЗАМЕЧЕННЫЕ ОПЕЧАТКИ

Стран.	Строка	Напечатано	Следует
14	2 св.	NO_3	NO_3'
20	3 сл.	фиг. 1	фиг. 12
29	В подписи к фиг. 16	хромированных	хромировочных

Ф. Ф. Соколов. Хромирование режущего инструмента и штампов.

-305294-

Цена 2 руб. 70 коп.

RLST



0000000029685

1941