

ПОЛИРОВКА

Содержание

1. Введение	3	Шлифовальные головки для бормашинок	33
2. Задачи и методы полировки	4	Фрезы	33
Цели полировки	4	Абразивная шкурка	34
Методы полировки	4	Шлифовальные и вулканитовые насадки	34
Условия качественной полировки	5	Керамические насадки	34
3. Характеристики поверхности	6	Полировальные пасты	35
4. Инструментальные материалы	11	Полировальные притиры	36
Общая характеристика материалов	11	Смазки и разбавители	36
Стали, производимые в США	11	Правка и чистка инструмента	36
Стали, производимые в Германии	14	9. Приемы обработки	38
5. Механизированный инструмент	15	Приемы шлифовки бормашинами	38
Мощный ручной шлифовальный инструмент	16	Приемы опиловки	39
Электрифицированные бормашины малой		Приемы чеканки	40
мощности	16	Приемы работы с ультразвуковым прибором	40
Инструмент с гибким валом	17	10. Основы полировки	42
Пневматический инструмент	17	Предшествующая обработка	42
Опиловочные устройства	18	Шлифовка и опиловка	42
Ультразвуковой инструмент	18	О режимах обработки	43
Другие типы механизированного инструмента	19	Доводка абразивными брусками	43
6. Ручной инструмент	20	Дефекты полировки и методы их устранения	45
Напильники и надфили	20	11. Алмазная полировка	47
Алмазные надфили	21	Притиры и пасты	47
Чеканы	22	Некоторые советы и рекомендации	47
7. Абразивные материалы	23	Порядок полировки	48
Термины, используемые в технологии		Ручная полировка	48
абразивов и полировке	23	Механизированная полировка	48
Абразивы	24	Примеры последовательности обработки	49
Размер зерна и обозначение абразивов	26	12. Полировка цветных металлов	51
Связка и структура абразивного инструмента	28	Доводка брусками	51
8. Расходные материалы для финишной обработки	30	Алмазная полировка	51
Шлифовальные шкурки	30	Финишная полировка	52
Шлифовальные бруски	31	Ручная отделка	52
Керамические полировальные бруски	33	13. Литература	53

Москва, 2001г.

Инженерная фирма “АБ Универсал”

140056, Россия, г. Дзержинский, Моск. обл., а/я 97

© “ИФ АБ Универсал”, 2001

© А.И.Буткарев, 2001

1. Введение

Потребительские свойства многих пластмассовых изделий определяются качеством их поверхности, получение которого возможно только путем полировки рабочих поверхностей форм. Несмотря на бурный технический прогресс, применение специализированных полировальных машин имеет ограничения и в настоящее время неприменима для большинства сложных поверхностей, поэтому полировка пресс-форм чаще всего производится вручную, при этом для ускорения и облегчения процесса используется ручной механизированный инструмент и специальные полировальные составы.

Важная роль в этом процессе принадлежит полировщику: он должен владеть многими апробированными приемами и ухищрениями, отобранными с годами. Каждый мастер имеет свою, только ему присущую технику финишной обработки. В целом, полировка – взаимодействие полировальных средств, инструмента и накопленного опыта. Искусство полировки лучше всего осваивать под руководством опытного наставника, однако секреты мастерства обычно не разглашаются, а литература по этому вопросу крайне скудна.

Автор не имеет опыта полировки. В данной работе он сделал попытку анализа и обобщения доступных ему зарубежных источников по финишной обработке поверхности. Везде, где это возможно, приведено сравнение с отечественными материалами.

Перевод специализированных текстов всегда связан с необходимостью адекватного восприятия того или иного термина. Это очень не простая проблема, т.к. даже специализированные словари дают множественные переводы терминов с потерей нюансов их использования. Автор ориентировался на толкования приведенные в [10] (статьи даны с сокращениями):

Абразивная обработка – процесс обработки материалов резанием, заключающийся в снятии тонкого слоя металла (в виде мелкой стружки) абразивным инструментом.

Абразивный инструмент – инструмент, предназначенный для абразивной обработки изделий из металла и др. материалов. Изготавливают его на основе измельченных абразивных материалов (зерен), скрепленных связующим веществом. Основные А. и.: шлифовальные круги, шлифовальные и доводочные бруски, головки, сегменты (жесткий А. и.), шкурка и изделия из нее - диски, ленты и др., а также шлифовальные порошки и доводочные пасты.

Доводка – чистовая обработка отшлифованных деталей с целью получения точных размеров (1-го класса точности) и малой шероховатости поверхности (10-14-го классов чистоты). Доводка осуществляется вручную или на доводочных станках абразивным инструментом или материалом (притиром, порошками или пастами).

Лаппингование – доводка машинным способом рабочих поверхностей изделия до требуемых размеров и шероховатости с помощью притиров и абразивной пасты.

Полирование – обработка (отделка) материалов до получения зеркального блеска поверхности. Полировка металлов производится на полировальных станках быстровращающимися мягкими кругами из фетра или сукна или быстродвижущимися лентами, на поверхность которых нанесена полировальная паста.

Шлифование (шлифовка) – чистовая обработка поверхностей деталей абразивными инструментами. Шлифовка металлических деталей осуществляется обычно на шлифовальных станках вращающимися абразивными кругами.

2. Задачи и методы полировки

Цели полировки

Как известно, в результате машинной обработки на поверхностях образуется система рисок. Высота микронеровностей и их структура во многом определяются видом механообработки, параметрами резания и типом используемого инструмента. Свой специфический рисунок имеет поверхность, образующаяся в процессе электроэрозионной обработки. Особенностью инструментального производства является то, что на рабочих поверхностях пресс-форм требуется более высокая чистота, чем та, которая может быть получена в результате механической обработки. Для ее достижения применяется финишная обработка – многоступенчатая процедура, позволяющая привести структуру поверхности в соответствие с требованиями, и складывается из трех основных этапов:

- шлифовка – операция, позволяющая удалить структуру рисок, оставшихся после механической обработки или электроэрозии;
- доводка – операция, призванная привести геометрию поверхности к требованиям чертежа, подготовить ее к полировке;
- полировка – операция, обеспечивающая получение зеркального блеска.

Четких границ между ними нет, кроме того, на второстепенных поверхностях, зачастую выполняется только удаление рисок от механообработки, что обеспечивает съём пластмассовой детали с оснастки, сокращая время изготовления и стоимость пресс-формы. Выполнение всех процедур – самый дорогой вид полировки обеспечивающий малую шероховатость и высокую точность формы. Применяется в пресс-формах для линз, CD-дисков и т.п.

Желаемый результат может быть достигнут разными путями. Выбирая их необходимо учитывать факторы, определяющие последовательность полировки и конечный результат:

- качество поверхности, полученное после предыдущей операции;
- материал детали;
- форма полируемой поверхности;
- качество используемых при полировке материалов;
- опыт полировщика, тщательность соблюдения им технологии и условий полировки.

Ниже эти вопросы будут рассмотрены подробнее.

Методы полировки

Исходное состояние поверхности пресс-формы: фрезерованная, шлифованная или эродированная – определяет последовательность дальнейшей обработки. Единых правил при этом не существует. Этапы полировки определяются формой, назначением, материалом и размерами поверхности. Надо учитывать также талант и опыт полировщика.

Некоторые поверхности требуют первоначальной шлифовки абразивными шкурками и надфилями. Такие операции необходимы перед окончательной полировкой.

После шлифовки можно приступать собственно к полировке. Оставшиеся риски устраняются плоским шлифовальным диском на эластичной основе абразивом зернистостью K240 – K320. После этого поверхность доводится полировальными брусками и алмазной пастой подходящей зернистости с использованием твердого (латунного) притира. Далее постепенно переходят к полировке мягкими притирами с мелкозернистой пастой.

Полировальные бруски применяются с полировальным маслом (жидкостью). Обработка алмазной пастой начинается без разбавления. По мере высыхания паста разбавляется масляной или спиртовой жидкостью для обеспечения гарантированного сцепления ее с притиром.

Длительные операции с мягкими притирами приводят к искажению геометрической формы. Мягкие составляющие кристаллической структуры стали уносятся быстрее, что приводит к волнистости или эффекту "апельсиновой кожи".

Следует особо подчеркнуть: на начальном этапе полировку (доводку) следует проводить твердым полировальным притиром, подогнанным к обрабатываемой поверхности, и только короткое время в конце (зеркальная полировка) – мягким.

Условия качественной полировки

Существует несколько общих правил[8]:

1. Чистота на рабочем месте

Место работы должно быть расположено в свободной от пыли комнате и исключать опасность загрязнения, например, от шлифовальных станков. Необходимо поддерживать чистоту полируемой поверхности, а после каждой замены зерна абразива рабочая зона должна быть полностью очищена растворителем, например, С120.

2. Многоступенчатость процедуры

Полированная поверхность не может быть выполнена за один прием. Важно, чтобы следы обработки на предшествующей стадии всегда и полностью устранялись на следующем этапе. Пропущенные (случайно или преднамеренно) такие следы в дальнейшем устранить невозможно.

3. Смазка и рабочее давление

Объем жидкости должен обеспечивать достаточную смазку и промывку рабочей зоны. Для полного удаления рисок (до "дна") необходимо увеличить скорость движения инструмента и уменьшить рабочее давление на него.

4. Инструмент

Полировальному притиру необходимо придать форму поверхности обрабатываемой детали и притереть к ней.

Соблюдая эти правила, чувствуя соотношение между полировальной головкой и алмазной пастой, поддерживая чистоту, Вы достигнете успешной полировки.

3. Характеристики поверхности

В процессе механообработки достигаются два параметра поверхности: точность соблюдения ее размеров и шероховатость.

Все размеры на чертеже заданы с определенным допуском, который определяется конструктором исходя из функционального назначения того или иного элемента детали. Кроме этого точность поверхности определяется допусками формы и положения, но эти требования в производстве пресс-форм встречается крайне редко (во всяком случае, в России). Более этих вопросов касаться не будем, лишь напомним: поверхности, подлежащие финишной обработке, должны быть изготовлены с припуском. Чрезмерно большой припуск необоснованно увеличит время доводки поверхности и удорожит процесс полировки, малый припуск может оказаться недостаточным для удаления рисок от обработки и приведет к “завалу” поверхности.

Качество поверхности после механообработки определяет не только последовательность приемов финишной обработки, но и их трудоемкость, стоимость, а зачастую и конечный результат. Всегда следует стремиться получить наиболее чистую поверхность при помощи механообработки. Уменьшение объема ручной шлифовки не только, экономит время и деньги, но и снижает вероятность искажения формы полируемой поверхности.

На видовых зеркальных поверхностях не допускается производить ремонт. Любые виды сварки, в том числе, холодная импульсная, после полировки образуют оттененные пятна, которые оставляют след на пластмассовых деталях. Сварные зоны существенно осложняют полировку из-за разной твердости и структуры поверхности.



Рис. 3.1. Сталь 1.3343.

Твердость: 63 HRC, шлифованная, $R_z=2,72\text{мкм}$, $R_a=0,32\text{мкм}$



Рис. 3.2. Сталь 1.3343.

Твердость: 63 HRC, шлифованная, полировка алмазной пастой 6мкм войлочным притиром (бормашинка), $R_z=0,25\text{мкм}$, $R_a=0,03\text{мкм}$

Как известно, шероховатость поверхности определяется несколькими параметрами:

Значение R_a - среднее арифметическое отклонение профиля, т.е. среднее значение смещений точек измеренного профиля от его средней линии в пределах базовой длины.

Значение R_z - высота неровностей профиля по десяти точкам, т.е. среднее значение абсолютных высот пяти наибольших выступов профиля и пяти наибольших впадин профиля в пределах базовой длины.

Значение R_{max} - наибольшая высота неровностей профиля, т.е. расстояние между наибольшим выступом и наибольшей впадиной в пределах базовой длины. Это наиболее просто определяемая характеристика. Для грубой оценки можно принимать $R_{max}=6R_a$.

В США шероховатость определяется параметром RMS (Root Mean Square), рассматриваемом, как среднеквадратичное отклонение неровностей от средней поверхности в микродюймовом выражении [3].

На рисунках 3.1 – 3.8 представлены микрофотографии и профилограммы поверхностей на различных стадиях их полировки и для различных сталей [8].

При инструментальном контроле поверхность должна быть геометрически правильной, т.е. не должны обнаруживаться макронеровности. На ней не должно быть и микродефектов, таких как, царапины, поры, "апельсиновая кожа" и "каверны". Для контроля используются оптические и электронные микроскопы, профилометры, снабженные щупом, и пневматические измерительные приборы.

На практике выполнить инструментальный контроль шероховатости относительно трудно, поэтому качество полировки часто оценивают с учетом опыта "на глаз", либо сравнивая полученный результат с эталоном. Следует учитывать, что цветовые оттенки поверхности могут создавать обманчивое восприятие качества полировки, например, легирующие добавки никеля в стали создают ощущение лучшей полировки, чем есть на самом деле.



Рис.3.3. Сталь 1.2379.

Твердость: 58 HRC, шлифованная, $R_z=3,19\text{мкм}$, $R_a=0,34\text{мкм}$

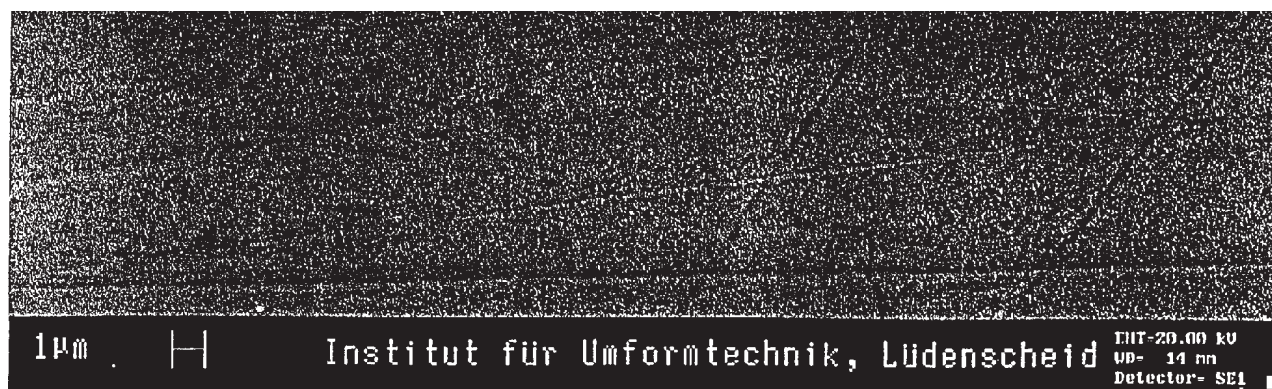
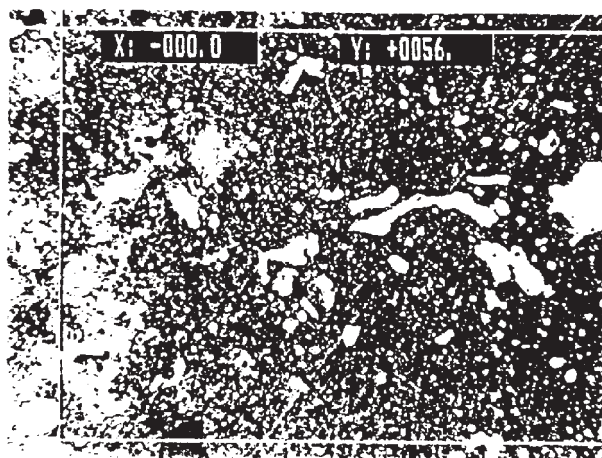


Рис.3.4. Сталь 1.2379.

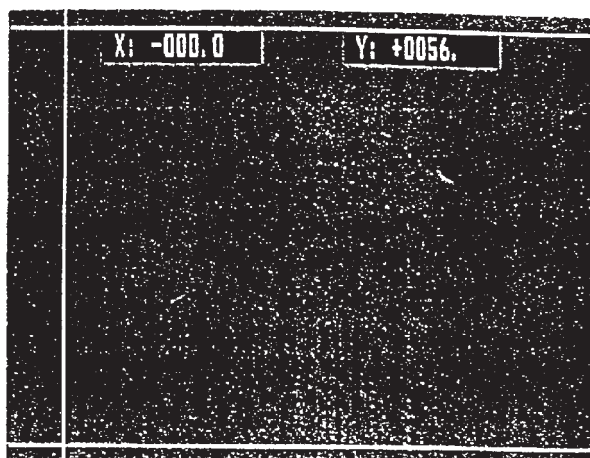
Твердость: 58 HRC, шлифованная, полировка алмазной пастой 6мкм войлочным притиром (бормашинка), $R_z=0,30\text{мкм}$, $R_a=0,04\text{мкм}$



Увеличение 500^x

Хорошая полировка

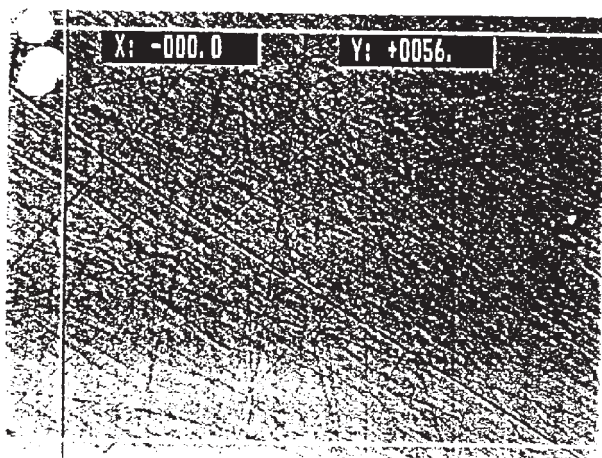
Обработка: только линейная
шлифовка - наждак K500
6мкм, пластмасса
3мкм, дерево
1мкм, фетр



Увеличение 200^x

Хорошая полировка

Сталь пористая
Обработка: только линейная
шлифовка - наждак K500
15мкм, пластмасса
3мкм, дерево
1мкм, фетр

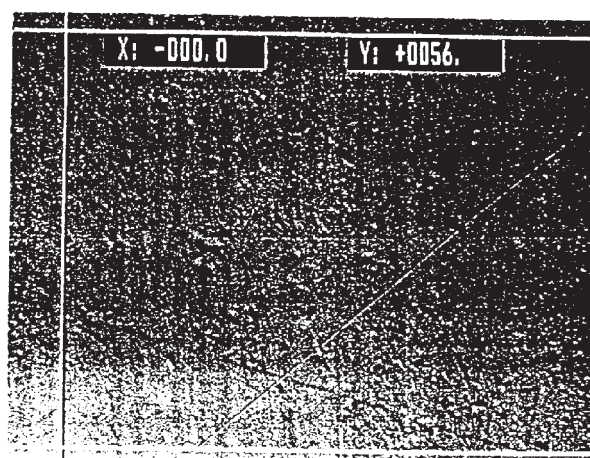


Увеличение 200^x

Недополировка

Видны следы текущего процесса полировки

Обработка: только линейная
шлифовка - наждак K500
15мкм, пластмасса



Увеличение 200^x

Переполировка

”Апельсиновая кожа” (выступают зерна карбида)

Обработка: только вращение
шлифовка - наждак K500
15мкм, фетр
3мкм, фетр

Рис. 3.5. Примеры полировки стали 1.2379.

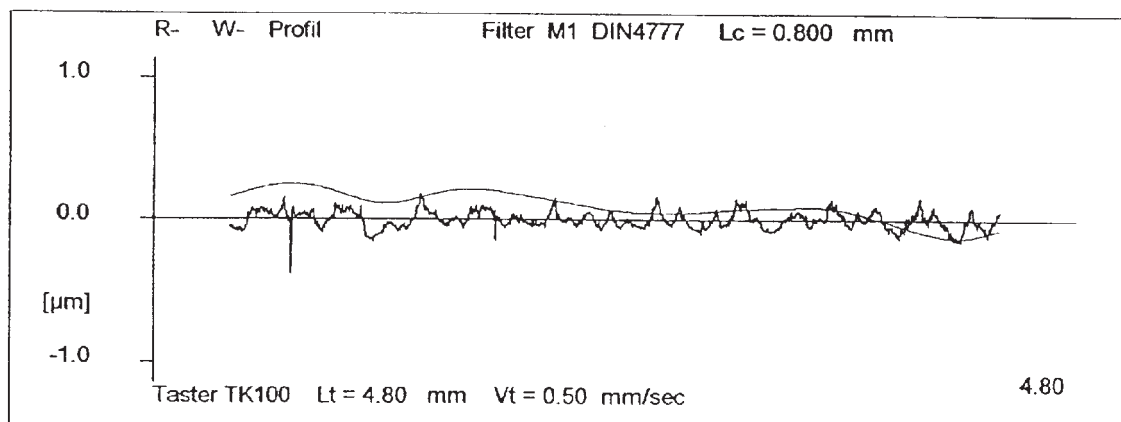


Рис. 3.6. Переполировка ("апельсиновая кожа")

Сталь 1.2379 Твердость: 58 HRC

Обработка: шлифовка SP 80+220+500

паста DP 15, плексиглаз, 10 минут, линейная

паста DP 6, фетр, 2 минуты, вращение

паста DP 3, фетр, 2 минуты, вращение

Результат: сильная волнистость, "апельсиновая кожа"

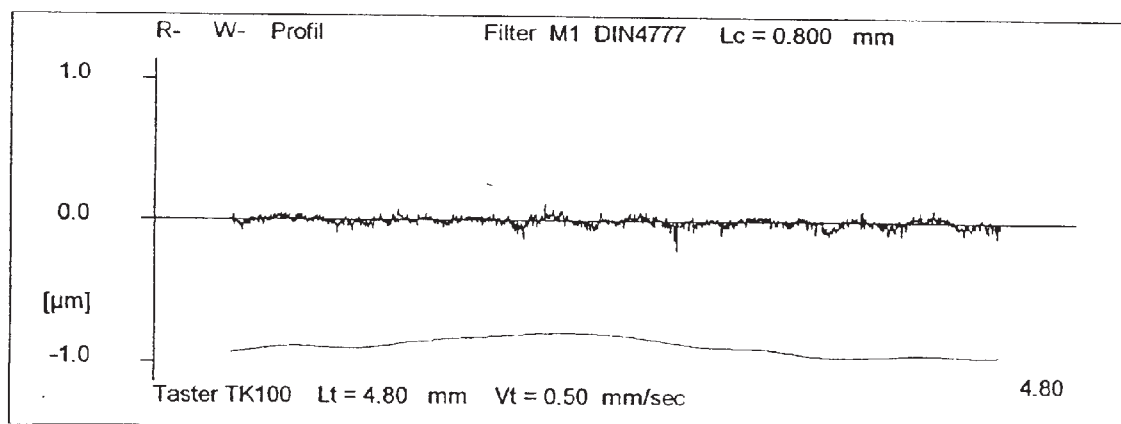


Рис. 3.7. Хорошая полировка (после второй операции)

Сталь 1.2379 Твердость: 58 HRC

Обработка: шлифовка SP 80+220+500

паста DP 15, плексиглаз, 10 минут, линейная

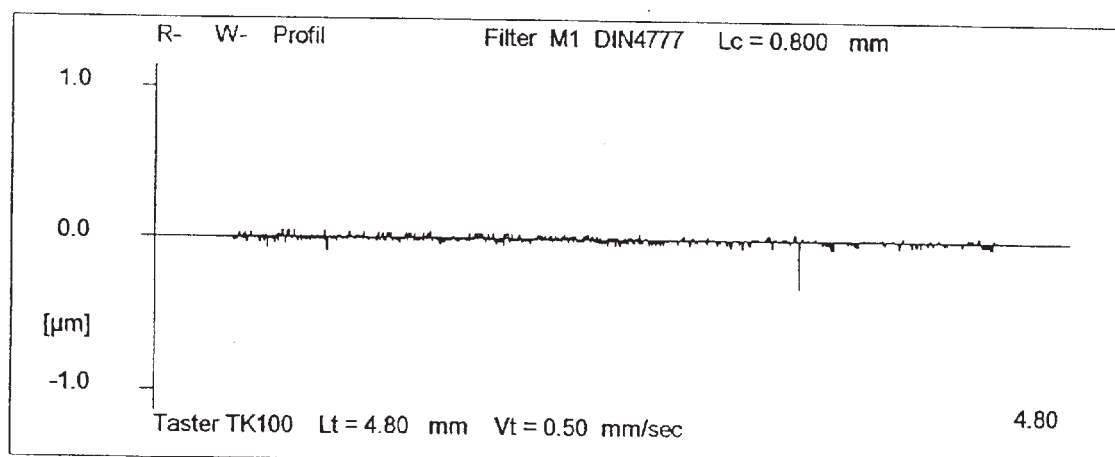


Рис. 3.8. Хорошая полировка (после третьей операции)

Сталь 1.2379 Твердость: 58 HRC

Обработка: шлифовка SP 80+220+500

паста DP 15, плексиглаз, 10 минут, линейная

паста DP 3, мягкая древесина, 5 минут, линейная

Следует отметить, что требуемое качество поверхности задается рабочим чертежом детали. Выбирая конечную шероховатость, конструктор исходит из функционального назначения того или иного элемента, требований к пластмассовой детали, адгезионных свойств самой пластмассы в процессе литья, стоимости изготовления. Например, прозрачные материалы, используемые для оптических деталей, очень чувствительны к качеству поверхности формы, наоборот, материал типа полиэтилена низкой плотности не воспроизводит высококачественной поверхности, поэтому достижения идеального блеска не имеет смысла и ведет к неоправданному удорожанию пресс-формы. Определяя шероховатость, следует иметь в виду, что сьем некоторых пластмасс с зеркальных поверхностей затруднен и высококачественная полировка при этом просто бессмысленна.



Рис. 3.9. Набор образцов стандарта SPI.

На основании многолетнего опыта в США SPI (Society of the Plastics Industry) и SPE (Society of Plastics Engineers) разработали стандарт сравнения качества поверхности пресс-форм.[3] Стандарт содержит образцы 12 типов поверхности, получаемых в процессе финишной обработки (рис.3.8). Самая грубая поверхность (D3) получается абразивом зернистостью 24, а самая чистая (A1) – алмазной полировкой пастами 3 мкм. Наличие образцов позволяет обходиться без инструментального контроля, что в цеховых условиях, несомненно, представляет удобства. Заметим, что этот стандарт и существовавшие у нас до ввода ЕСКД образцы шероховатости – различны по своей сути: наши образцы не были “привязаны” к методу обработки поверхности. Значение шероховатости RSM (см. выше) в микродюймах для ступеней стандарта приведено в табл. 3.1. Для лучшего понимания в скобках указаны примерные значения RSM в мкм.

3.1. Соответствие номеров образцов по стандарту SPI значению шероховатости RSM в микродюймах[3].

№ по SPI	RSM,* микродюйм	№ по SPI	RSM,* микродюйм	№ по SPI	RSM,* микродюйм	№ по SPI	RSM,* микродюйм
A-1	0...1,0 (0...0,025)	B-1	2,0...3,0 (0,05...0,075)	C-1	10,0...12,0 (0,25...0,3)	D-1	10,0...12,0 (0,25...0,3)
A-2	1,0...2,0 (0,025...0,05)	B-2	4,0...5,0 (0,1...0,125)	C-2	25,0...28,0 (0,63...0,7)	D-2	26,0...32,0 (0,63...0,8)
A-3	2,0...3,0 (0,05...0,075)	B-3	9,0...10,0 (0,23...0,25)	C-3	38,0...42,0 (0,95...1,05)	D-3	190,0...230,0 (4,8...5,8)

* В скобках приведены примерные значения в мкм

4. Инструментальные материалы

Общая характеристика материалов

Основным материалом для изготовления пресс-форм для литья пластмасс на сегодняшний день остается сталь. Выпускается огромное количество марок стали, однако, для изготовления формообразующих поверхностей подходят лишь некоторые из них. Требования к таким сталям многочисленны и, зачастую, противоречивы. Многолетним опытом отобраны наиболее пригодные марки, выработаны для них режимы механической и термической обработки, полировки.

Успех полировки складывается из многих составляющих, определяющими являются:

- техника полировки;
- качество стали пресс-формы;
- режимы термообработки.

Первый пункт имеет наиболее важное значение, т.к. неправильная техника полировки может дать отрицательный результат на самой хорошей стали.

Твердость и свойства стали могут отличаться в разных частях заготовки, создавая дополнительные трудности при полировке.

Одно из основных требований – отсутствие внутренних дефектов (раковин, включений) и однородность структуры стали. Для ответственных форм целесообразно использовать заготовки, полученные методами электрошлакового переплава (ЭШП), электроннолучевого переплава, вакуумно-дугового переплава. Целесообразно заготовки контролировать не разрушающими методами контроля: рентгеноскопией, магнитной или ультразвуковой дефектоскопией.

Стали с высоким содержанием карбидообразующих элементов, таких как Cr, Mo, V могут иметь карбидную жесткость, что создает проблемы в процессе полировки. ЭШП также снимает и это проблему.

Стали после ЭШП обладают лучшей полируемостью и вязкостью.

Другим важным моментом являются режимы термообработки. При закалке должны быть минимальными поводка и коробление, обеспечиваться оптимальное соотношение твердости и ударной вязкости, наконец, полируемая поверхность должна иметь однородную кристаллическую структуру, обеспечивающую качественную полировку. Для крупногабаритных форм созданы специальные предварительно упрочняемые стали, которые не требуют последующей термообработки.

Увеличение твердости в результате термообработки, как правило, улучшает полируемость. Однако, возникающие в результате термообработки в поверхностном слое мелкие окисные частицы могут создать трудности при полировке.

Аналогичные трудности возникают при цементации или обезуглероживании поверхности.

В последнее время широкое распространение находят алюминиевые сплавы и бериллиевая бронза, режимы полировки которых отличаются от режимов, используемых для сталей.

Ниже рассмотрены некоторые сорта стали. Сразу заметим, что однозначного соответствия марок, производимых в разных странах и даже на разных фирмах, не существует. Определяется это разными подходами к классификации, “ноу-хау” производителей и, наконец, просто различиями сталей.

Стали, производимые в США

В США распространены две классификации сталей: одна из них – ASTM (American Society for Testing Materials), другая – AISI (American Iron and Steel Institute).

По ASTM большинство сталей маркируется четырехзначным числом[9], в котором первые две цифры определяют группу сталей, а две последующие – среднее содержание углерода в сотых долях процента. Коррозионностойкие и жаростойкие стали обозначаются трехзначным числом, первая цифра в котором определяет класс стали (например, 4xx – хромистые стали). Шарикоподшипниковые стали обозначаются пятизначным числом, в котором последние три цифры отражают содержание хрома в сотых долях процента.

Для характеристики некоторых особенностей в обозначение могут входить буквы. Стали

**Классификация
инструментальных сталей по A.I.S.I.**
(American Iron and Steel Institute - Американский институт чугуна и стали)

Таблица 4.1

Тип стали	Номер по A.I.S.I.	Характеристика стали
Инструментальные стали для горячей обработки	H-13	Специальные стали твердостью 48-52 HRC с повышенной стойкостью к истиранию и наклепу. Обрабатывается в отожжённом состоянии. Хорошая полируемость. Отечественный аналог - 4X5MФ1С
Инструментальные стали для холодной обработки	D-2	Специальные стали твердостью 60-62 HRC. Часто применяются в небольших пресс-формах для переработки полиамидов, обладающих высокой текучестью. Плохая обработка резанием. Воздушная закалка. Отечественный аналог - X12M
	O-1	Стали сквозной проковки с наибольшим короблением и умеренной ударной вязкостью. Закалка в масле. Универсальный материал для пуансонов и матриц.
	A-2	Стали воздушной закалки с хорошим балансом ударной вязкости и твердости. Применяются для сложнопрофильных деталей, подвергаемых термообработке. Хорошая полируемость. Отечественный аналог - X6BФ и 9X5BФ
	A-6	Более низкотемпературные стали воздушной закалки. Закаливается при температурах, характерных для сортов закаливаемых в масле. Хорошие ударная вязкость и износостойкость.
	A-10	Очень хорошая износостойкость. Обладает низким коэффициентом трения. Используется для работы в подвижных парах "сталь-сталь".
Ударостойкие инструментальные стали	S-7	Закалка на воздухе или в масле в зависимости от требуемой твердости. Универсальные стали с высокой ударопрочностью и пределом прочности. Цементуемая. Используется для пуансонов и матриц.
Стали для пресс-форм	P-5	Низкоуглеродистые цементуемые стали. Используются для изготовления матриц выдавливанием при помощи мастер-пуансонов. Германский аналог - 12 Cr Mo 19 5
	P-20	Наиболее распространенные предварительно упрочненные стали для пуансонов и матриц. Твердость от 32 HRC в зависимости от изготовителя. Обрабатывается механически и хорошо полируется.
	P-20 super	Аналогичны сталям P-20, но более легированны. Используются для пуансонов и матриц повышенной прочности предварительно закаленными до 38-42 HRC. Механообработка затруднена, очень хорошая полируемость.
	P-21	Высокопрочная предварительно упрочненная сталь для непосредственного изготовления пуансонов и матриц.
	T-420	Коррозионно-стойкие, хорошо полируемые стали. Твердость в отожженном состоянии HB 200-240, в закаленном 50-52 HRC. Термообработка для форм малых и средних размеров. "Тянутся" при полировке.
Стареющие и порошковые упрочняемые стали	Marage типов 200 и 300	Превосходная ударная вязкость и хорошая твердость. Материалы используются для матриц, пуансонов и вставок.
	Тип 630 и XM-12	То же, но коррозионно-стойкие.

Химический состав
сталей производства США

Таблица 4.2

Марка стали	Химический состав, %								
	C, не более	Si	Mn	Co	Cr	Mo	Ni	V, не более	W, не более
		не более							
A2	1,00	0,25	0,60	–	5,25	1,10	–	0,40	–
A6	0,70	0,25	2,00	–	1,00	1,00	–	–	–
D2	1,50	0,40	0,40	0,60	12,00	0,90	–	0,80	–
H13	0,35	1,00	0,30	–	5,00	1,50	–	0,25	1,25
O1	0,90	0,25	1,20	–	0,50	–	–	0,20	0,50
P5	0,10	0,30	0,30	–	2,25	–	–	–	–
P20	0,30	0,30	0,30	–	0,75	0,25	–	–	–

повышенной прокаливаемости имеют после цифр букву Н. Стали, выплавленные в электропечах, перед цифрами содержат букву Е. Стали, легированные бором, между первой и второй парой цифр имеют букву В.

Согласно AISI стали классифицируются по назначению. Характеристики инструментальных сталей (применительно к изготовлению пресс-форм) приведены в табл. 4.1.[3]. Следует отметить, что эта классификация не отражает конкретный химсостав сталей и способы ее производства, поэтому стали, принадлежащие одному классу, могут отличаться по своим характеристикам. Примерный химсостав приведен в табл. 4.2 [9, 11].

Инструментальные стали
производства Германии (по данным EOC Normalien)

Таблица 4.3

Нелегированная сталь	материал 1.1730 (C 45 W 3), качественная; близкий отечественный аналог: сталь 45 основное применение: конструкционные элементы пресс-форм, ограниченная полируемость
Стандартная инструментальная сталь	материал 1.2162 (21 MnCr5), качественная; близкий отечественный аналог: сталь 18ХГ основное применение: формообразующие плиты и вставки пресс-форм для переработки пластмасс, хорошая полируемость
Специальная сталь	материал 1.2764 (X 19 NiCr Mo 4), качественная; близкий отечественный аналог: сталь 18Х2Н4МА основное применение: формообразующие плиты пресс-форм для переработки пластмасс, очень хорошая полируемость
Специальная сталь сквозной проковки	материал 1.2767, (X45 Ni Co Mo4), качественная; близкий отечественный аналог: сталь 40Х2Н2МА основное применение: формообразующие плиты пресс-форм для переработки пластмасс, очень хорошая полируемость
Специальная сталь сквозной проковки	материал 1.2343 (X38 Cr MoV5), качественная; близкий отечественный аналог: сталь 4Х5МФС применение: формообразующие плиты пресс-форм для литья под давлением (высокотемпературн), очень хорошая полируемость

Продолжение табл. 4.3

Коррозионно-стойкая сталь сквозной прокатки	материал 1.2083 (X42 Cr13), качественная; близкий отечественный аналог: сталь 40Х13 применение: формообразующие плиты для переработки химически агрессивных пластмасс, полировка в закаленном состоянии
Предварительно улучшенная инструментальная сталь	материал 1.2311 (40CrMn Mo7), качественная; близкий отечественный аналог: сталь 40ХГМА применение: формообразующие плиты для пластмасс с высоким давлением переработки, условно хорошая полируемость
Предварительно улучшенная инструментальная сталь	материал 1.2312 (40CrMn Mo S86), качественная; близкий отечественный аналог: сталь 40ХГМА основное применение: формообразующие плиты для переработки пластмасс при высоких нагрузках, ограниченная полируемость

Стали, производимые в Германии

В Германии распространены две системы маркировки: марка стали обозначается при помощи букв и цифр и номер материала по DIN 17007, который обозначается только цифрами.

В Германии при изготовлении пресс-форм наиболее широко используются стали, приведенные в табл.4.3, а их химический состав – в табл. 4.4.

Обратите внимание: соответствие отечественным сталям условное, по наиболее близкому химическому составу. Например, материалы 1.2311 и 1.2312 имеют различную полируемость, в тоже время, оба укладываются в состав стали 40ХГМА.

**Химический состав
сталей производства Германии[6, 9, 11]**

Таблица 4.4

Номер стали по DIN 17007	Марка стали	Средний химический состав, %								
		C	Si	Mn	P, S, не более	Cr	Mo	Ni	V	W
1.1730	C 45 W 3	0,45	0,25	0,30	0,030	–	–	–	–	–
1.2083	X 40 Cr 13 (X 42 Cr 13)*	0,40	0,40	0,30	0,025	13,0	–	–	–	–
1.2162	21 MnCr 5	0,21	0,25	1,20	0,030	1,00	–	–	–	–
1.2311	40 CrMnMo 7	0,40	0,25	1,50	0,035	2,00	0,20	–	–	–
1.2312*	40 CrMnMoS 8 6	0,40	–	1,50	–	1,90	0,17	–	–	–
1.2343	X 38 CrMoV 5 1	0,38	1,10	0,40	0,025	5,50	1,50	–	0,50	–
1.2764	19 NiCrMo 1 5 (X 19 NiCrMo 4)*	0,20	0,25	0,40	0,030	1,25	0,20	3,75	–	–
1.2767	X 45 NiCrMo 4	0,45	0,25	0,50	0,025	1,30	0,20	4,00	–	(0,5)

**По данным фирмы EOC Normalien. Следует отметить, что состав по данным разных источников не совпадает.*

5. Механизированный инструмент

После общего знакомства со стоящими задачами, пора рассмотреть используемые при полировке инструмент и насадки. Под инструментом подразумеваются механизированные устройства, предназначенные для привода различных рабочих насадок.

Инструмент можно классифицировать по мощности, используемому энергоносителю и по виду совершаемого движения. При полировке применяется пневматический, низковольтный электрический и электрический с гибким валом инструмент. По виду движения рабочего органа инструмент разделяется на инструмент вращательного действия – бормашинки, инструмент с возвратно-поступательным движением и ленточный – опилочные устройства. Несколько отдельно стоит ультразвуковой инструмент.

Насадки выпускаются трех типов – с режущими кромками, абразивные и неабразивные. Первые и вторые используются непосредственно для обработки поверхности, третьи – в качестве притиров для полировочных паст. Насадки имеют соответствующую форму и хвостовики для крепления в том или ином инструменте. Некоторые насадки предназначены для использования вручную, являясь фактически ручным инструментом.

Большое, все расширяющееся разнообразие инструмента и насадок призвано обеспечить с минимальными затратами финишную обработку различных поверхностей. Некоторые инструменты предназначены, чтобы быстро удалить большие слои металла, другие – чтобы создать плоскостность или получить гладкость, третьи – разработаны для слияния поверхностей или улучшения точности профиля.

Начинающие полировщики используют в схожих ситуациях один и тот же инструмент, который рекомендовал им учитель. С опытом появляется творческий подход – насадки применяются по новому назначению, разрабатывается собственный инструмент. Высококласного полировщика отличает также бережное обращение с инструментом и постоянное поддержание его в работоспособном состоянии. Рабочее место полировщика может выглядеть, например, так, как показано на рис. 5.1[7].



Рис. 5.1. Рабочее место полировщика

Мощный ручной шлифовальный инструмент

Мощные шлифовальные бормашинки, как правило, оснащаются абразивными дисками или эластичными дисками с наклеенной на них абразивной бумагой и используются для быстрого съема металла.

Прежде всего такой инструмент используется для удаления грубой шероховатости на крупногабаритных формах. Использовать мощные машинки следует с особой осторожностью: неравномерный прижим инструмента приведет к искажению формы поверхности, что потребует в дальнейшем длительной ее доводки.

Мощные шлифовальные инструменты снабжены двигателями мощностью 200 – 900Вт. Это может быть инструмент с встроенным электродвигателем, либо с гибким валом, либо пневматическая машинка. Крепление насадок различное: патроны, цанги с диаметром 6 мм (сменный вариант – 6,3мм), резьбовые шпиндели.

При работе необходимо соблюдать обычные меры предосторожности: защитные очки или щиток, закрытые волосы, особо следить за сохранностью соединительного кабеля и надежностью заземления при работе на электрической машинке..



Рис. 5.2. Мощная пневматическая угловая бормашинка

Электрифицированные бормашинки малой мощности

Инструмент для финишной обработки, используемый зарубежными фирмами, – легкие электрифицированные бормашинки. Они имеют низковольтные двигатели постоянного тока мощностью 40 – 100 Вт с номинальной частотой вращения от 15000 до 55000 об/мин. Частота вращения регулируется вручную или ножным реостатом при помощи специального блока питания, который оснащен также системами защиты от перегрузки и стабилизации скорости (конечно, в разумных пределах нагрузки).

Крепление инструмента производится цангами диаметром 3 мм, кроме того, имеются сменные цанги диаметром 2,35 мм под хвостовик зубоорудительного инструмента и вкладыши с диаметром от 0,5 до 2 мм. Современные бормашинки могут оснащаться сменными головками разных размеров, прямыми, угловыми и не вращающимися с поперечными колебаниями.

Для бормашинок выпускается широкая гамма различных насадок: твердосплавные борфрезы, абразивные, алмазные и вулканиковые головки, колпачки и цилиндры на упругих оправках, веерные головки, торцевые диски с наклейками, щетки, деревянные и фетровые полировальные головки, которые мы рассмотрим ниже.



Рис. 5.3. Маломощная электрифицированная бормашинка

Несмотря на высокую надежность, низковольтный инструмент требует бережного обращения и ухода:

- не допускайте падения инструмента;
- не устанавливайте насадки с дебалансом, т.к. бормашинки оснащены миниатюрными прецизионными подшипниками, которые не могут работать с вибрацией;
- следите за состоянием электрических кабелей и разъемов;
- не отсоединяйте головку и не раскрывайте цангу при включенном

- двигателе. Наличие специальных блокировок в бормашинке и блоке питания приведет к ее отключению, но это произойдет с ударной нагрузкой, что может повредить двигатель или головку;
- не допускайте попадания на инструмент воды, масла или других жидкостей.

Инструмент с гибким валом

Маломощный инструмент с гибким валом – один из самых распространенных видов инструмента. Выпускается несколько моделей с частотами вращения 15000 – 22000 об/мин и мощностью 300 Вт. Приводы комплектуются ножным регулятором. Двигатель может быть установлен на верстаке или подвешен на специальном кронштейне. На гибкий вал устанавливаются прямые и угловые наконечники с цангами 2,35 / 3 мм и 3 / 6 мм или опилочное устройство, совершающее возвратно-поступательное движение.

По сравнению с низковольтными бормашинками этот инструмент обеспечивает более высокий крутящий момент в области малых оборотов, что идеально подходит для применения щеток и фетровых полировальных головок.

При работе с гибким валом следует избегать его резких перегибов, т.к. это влечет повышенное трение о защитный рукав, сопровождающееся разогревом, чрезмерным износом и поломкой.



Рис. 5.4. Бормашинка с гибким валом

Пневматический инструмент

Наиболее распространены в отечественном инструментальном производстве различные пневматические бормашинки с ротационными и турбинными пневмодвигателями. Основное преимущество – относительно высокая безопасность. Из недостатков остался один – необходимость в пневмосети (или компрессоре) и станции подготовки воздуха, т.к. другие – жесткий пневморук, шум от выхлопа, сильная зависимость частоты вращения от нагрузки – в современных машинках во многом устранены. Современные машинки имеют частоту вращения до 80000 об/мин и меньший вес, по сравнению с электрическими. Некоторые бормашинки, особенно повышенной мощности, снабжены встроенным дросселем с ручным управлением, который позволяет регулировать воздушный поток, изменяя частоту вращения.

Длительная надежная работа пневматических инструментов возможна только при условии специальной подготовки воздуха. Воздух не должен содержать пыли и влаги, поскольку они приводят к образованию ржавчины и наростов в пневмодвигателе и его подшипниках, которые резко снижают эффективность устройства и сокращают его ресурс. Вместе с тем, в воздухе должно быть распылено жидкое масло, капельки которого обеспечивают смазку всего устройства.

Блок подготовки воздуха состоит из соединенных последовательно фильтра-влагоотделителя и маслораспылителя. При их установке следует соблюдать направление потока, т.к. при обратном движении воздуха они не работают, и место расположения: удаление от бормашинки не должно превышать 5 - 6 м. При большем расстоянии маслораспылитель становится не эффективным. Иногда, при большом или нестабильном давлении воздуха в сети, между фильтром и маслораспылителем устанавливают редукционный клапан, который снижает давление и стабилизирует его на этом уровне.



Рис. 5.5. Пневматические бормашинки и блок подготовки воздуха

Меры безопасности и правила обслуживания традиционны для шлифовального инструмента. Особое внимание необходимо уделить обслуживанию системы подготовки воздуха: регулярно сливать конденсат из влагоотделителя и поддерживать уровень масла в маслораспылителе.

Опиловочные устройства

В распоряжении современных полировщиков имеется группа инструмента, именуемым опиловочным. Этот инструмент представляет собой механизмы с возвратно-поступательным движением и выпускается с низковольтным электроприводом, пневмоприводом или в виде наконечников для гибкого вала. Наиболее распространены устройства с продольными колебаниями, вместе с тем, имеется низковольтная машинка, головка которой совершает поперечные колебания. В патрон устройства могут устанавливаться стальные и алмазные надфили, с помощью специального зажима абразивные бруски и притиры, полировальный фетр. Специально для опиловочных устройств выпускаются укороченные надфили различных сечений и конфигураций.

Устройства с возвратно-поступательным движением совершают от 4000 до 10000 двойных ходов в минуту. Амплитуда колебаний – регулируемая, как правило, в пределах от 0 до 6 мм. Шпиндель снабжается патроном с винтовым зажимом и может вращаться вокруг своей оси, обеспечивая самоустановку насадки. Предусмотрены фиксация от проворота и защита механизма от перегрузки при торцевом упоре насадки.

Во избежание чрезмерного съема металла опиловочное устройство должно использоваться с большой осторожностью. При работе нажим на насадку должен быть от очень легкого до среднего, при этом ее необходимо перемещать из стороны в сторону либо совершать круговое движение. Изменяя соотношение амплитуды и частоты колебаний добиваются эффективной работы в зависимости от условий обработки.

Существенным недостатком следует признать постоянно меняющуюся от нуля до максимальной скорость насадки, что определяется самой природой возвратно-поступательного движения.

Ультразвуковой инструмент

Продольные возвратно-поступательные колебания с очень малым ходом совершает еще один тип инструмента – ультразвуковой инструмент. Он имеет свою сферу применения: доводка и полировка элементов с малыми размерами и глухих гнезд, т.к. обработку можно вести всеми гранями насадки, включая ее торец.

Прибор состоит из ультразвукового генератора, к которому при помощи кабеля подключается рабочий наконечник – магнитострикционный излучатель. В торце излучателя выполнено резьбовое гнездо, в которое вворачиваются шлифовальные насадки или зажимы для крепления керамических брусков и притиров. Амплитуда колебаний торца насадки в



Рис. 5.6. Опиловочные устройства



Рис. 5.7. Ультразвуковой генератор и магнитострикционный излучатель

пределах 3–40 мкм задается на пульте генератора и поддерживается автоматически за счет изменения частоты колебаний, составляющая 20–30 кГц.

Все насадки, установленные в излучатель подвергаются высоким знакопеременным нагрузкам, что накладывает определенный отпечаток на их конструкцию и используемые материалы. Если применяются бруски и притиры, зажатые в специальной клемме, то необходимо ограничить амплитуду колебаний при помощи кнопки на пульте прибора.

Другие типы механизированного инструмента

Инструмент для финишной обработки поверхности постоянно совершенствуется и развивается.

Ленточный низковольтный привод использует бесконечные ленты из шкурки различной зернистости, тканевые ленты с алмазным напылением и фетровые ленты. Этот инструмент эффективно используется на открытых поверхностях малой кривизны. Скорость ленты регулируется и достигает 12 м/с, ширина ленты – 8 мм. Встречается лента шириной 4 и 6 мм. Преимущество ленточной машинки в сравнении с опилочной состоит в постоянстве режимов резания.

Пневматические ленточные машинки имеют большее число типоразмеров, отличающихся размерами лент.



Рис. 5.8. Ленточный инструмент

Осциллирующий инструмент ORBITOR[®] является развитием опилочных устройств. В отличие от них, результирующее движение складывается из трех колебаний: поперечного и продольного, совпадающих по частоте, но отличающихся по амплитуде, и высокочастотного с малой амплитудой. Амплитуды и фазы колебаний выбраны таким образом, что получена траектория движения, приведенная на рис. 5.9. Инструмент используется для алмазной полировки труднодоступных поверхностей. Наиболее эффективно использование в качестве насадок специальных самоустанавливающихся притиров, закрепляемых на сферических поводках.

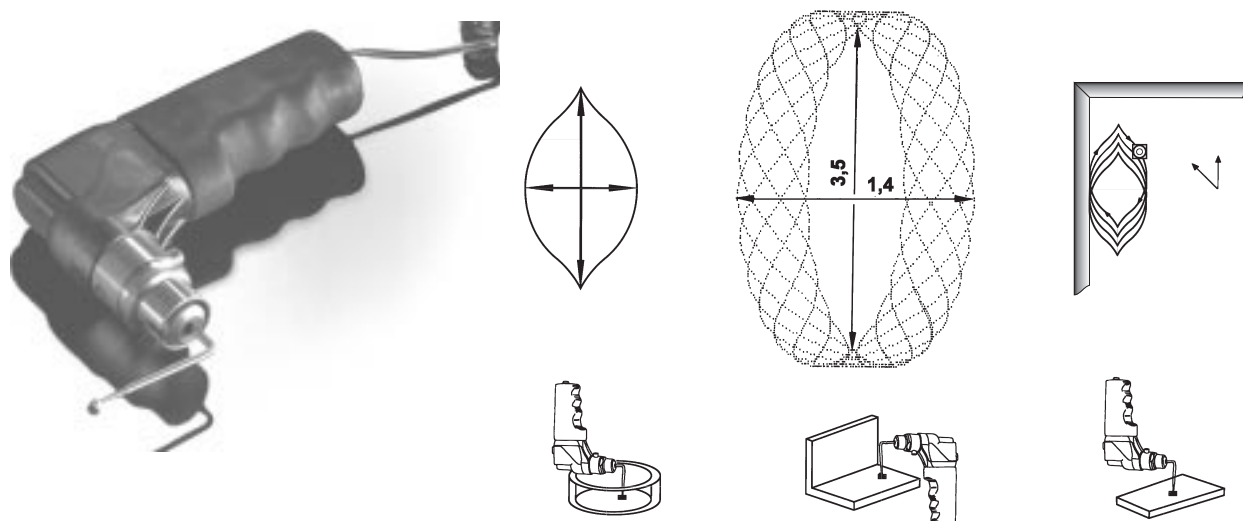


Рис. 5.9. Осциллирующий привод ORBITOR и схема движения рабочего органа.

6. Ручной инструмент

Рассмотрев средства “малой механизации” финишной обработки поверхностей, обратимся к обзору ручного инструмента и насадок, используемых в этом процессе. Эти два вопроса объединены в силу того, что четкой грани между ними не существует: многие элементы (конечно, не все!) можно применять вручную, а можно установить в механизированный инструмент. Имеется и инструмент используемый только вручную, например, чеканы.

Напильники и надфили

Напильники – одни из самых ранних инструментов человека. Современные напильники и надфили впитали многолетний опыт изготовления и эксплуатации. Существует множество форм и сечений тела надфилей и конфигураций зуба. Не только отдельные производители, но и страны имеют свои традиции, например, существуют “американские” и “швейцарские” надфили.

В целом, напильники и надфили классифицируются по их конфигурации, форме поперечного сечения, шагу и характеру насечки. Следует отметить, что существуют традиционные (стальные) надфили и алмазные. Их отличает характер режущих кромок: в стальных надфилях это насечка, а в алмазных – зерна алмаза.

Стальные надфили, используемые в финишной обработке пресс-форм, имеют одинарную или двойную насечку. Одинарная насечка представляет собой параллельный ряд зубов, расположенных под углом к оси надфиля. Угол лежит в пределах от 65° до 85° в зависимости от конфигурации и назначения надфиля. Двойная насечка состоит из двух рядов параллельных зубьев, пересекающихся друг друга. Первый ряд нарезан под углом от 30° до 45° к оси надфиля, а второй – под углом ($80 \dots 87^\circ$) к первому. Поверхность надфиля двойной насечки состоит из большого числа отдельных зубьев, заточенных в процессе изготовления.

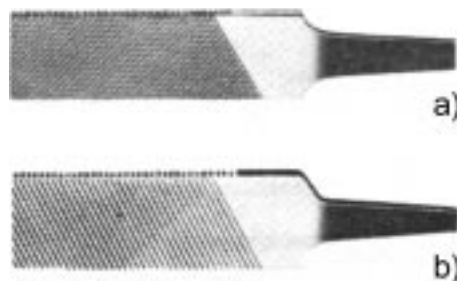


Рис. 6.1. Типы насечки:
а) - одинарная, б) - двойная

Надфили и напильники одинарной и двойной насечки классифицируются по шагу насечки. По этому параметру слесарные напильники американского производства именуются так же, как и отечественные: обдирочный, грубый, драчевый, полуличной, личной, бархатный (супер-личной). Эта классификация известна много лет, а шаг насечки, заданный в зубьях на дюйм, определялся разными производителями по-разному.

Характеристики напильников[3]

Таблица 6.1

Швейцарские		“Швейцарские” американского производства		Американские	
Тип	Число насечек на дюйм	Тип	Число насечек на дюйм	Тип	Число насечек на дюйм
№ 00	20-40	№ 00	20-35	драчевый полуличной личной бархатный	20-25
№ 0	40-70	№ 0	35-60		30-40
№ 1	75-88	№ 1	55-75		50-60
№ 2	88-104	№ 2	80-95		70-80
№ 3	100-130	№ 3	90-120		
№ 4	120-160	№ 4	125-135		
№ 5	200-220	№ 6	160-200		

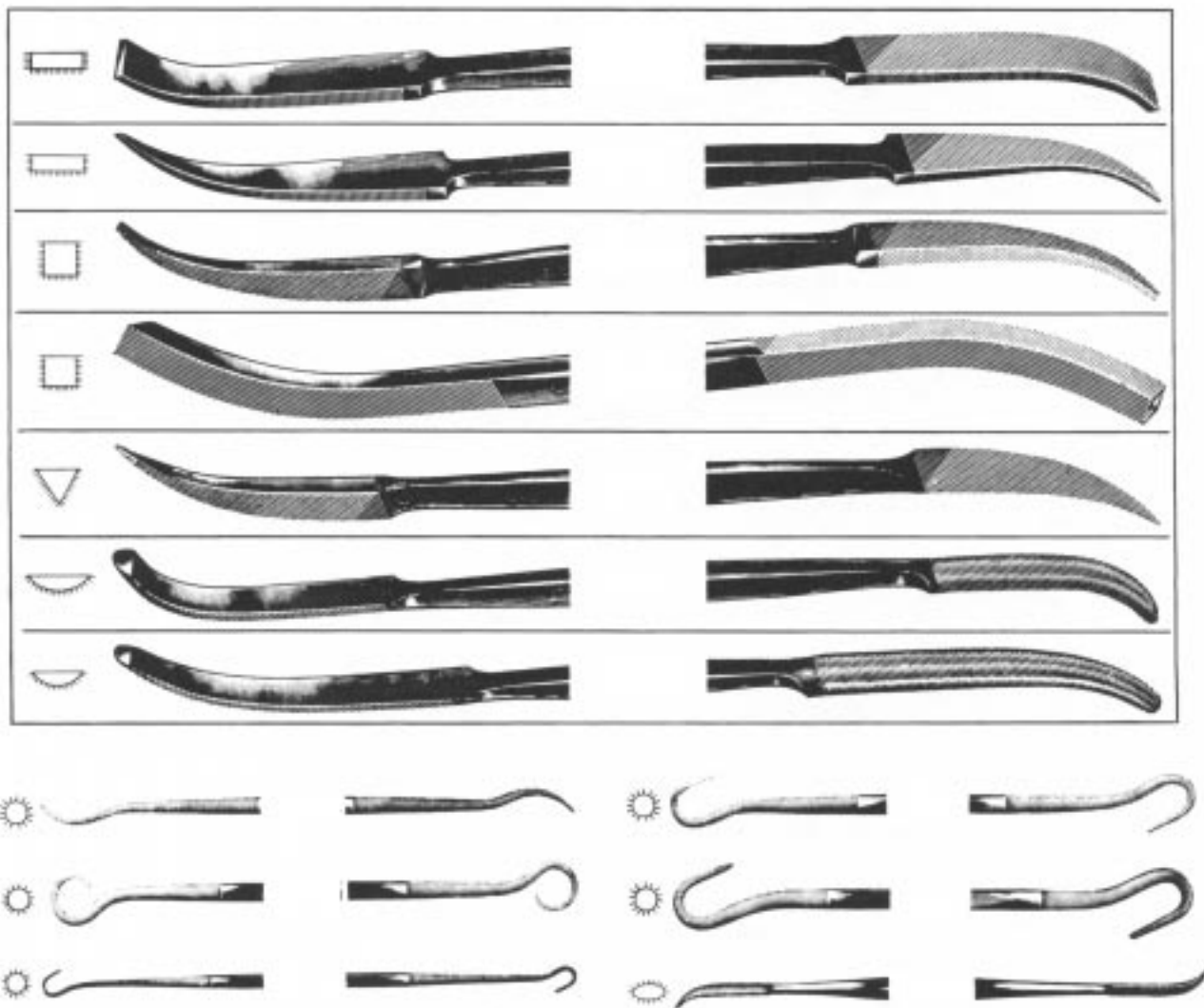


Рис. 6.2. Формы криволинейных надфилей.

Напильники, изготавливаемые в Швейцарии имеют иное обозначение – порядковый номер. В таблице 6.1 приведены данные для напильников некоторых производителей.

Кроме прямолинейных, существует большое количество криволинейных надфилей, называемых рифлуарами (в разных источниках: riffle, riffler или riffling). Некоторые конфигурации приведены на рис. 6.2.

Алмазные надфили

Несмотря на появление стойких высококачественных сталей, все более широкое распространение находят алмазные надфили, имеющие нерегулярную структуру режущих зерен.

Наибольшее распространение получили надфили (рис. 6.3), имеющие стальное основание, на которое гальваническим путем осаждается никель с кристалликами алмаза (гальваническая связка). Как и стальные, алмазные надфили имеют разную структуру, определяемую через размер зерен. В основном выпускаются надфили с зерном D91, D126 и D181, встречаются и более мелкие – D54, D64, D76. Специальные мелкозернистые надфили 200, 320, 600 используются при ультразвуковой доводке. Обратите внимание на маркировку зернистости! Более подробно этот вопрос будет обсужден ниже при рассмотрении абразивных материалов.

Промежуточное положение между надфилями и брусками занимают насадки из спеченного с бронзой алмаза (металлическая связка). По внешнему виду они напоминают надфиль и состоят из абразивной пластинки, закрепленной на державке. Выпускаются надфили с



Рис. 6.3. Надфили из гальванически осажденного алмаза.

зернистостью 200, 320, 500 и 1000 в основном для ультразвуковой полировки.

Алмазные надфили применяются для обработки предварительно закаленных и азотированных сталей, а также поверхностей, изготовленных методом электроэрозионной обработки. Они могут использоваться вручную, в опилочных устройствах или с ультразвуковым инструментом. Во избежание чрезмерного съема металла при работе алмазными надфилями с большими скоростями на механизированном инструменте необходимо соблюдать особую осторожность. Наоборот, медленное движение обеспечивает эффективное и безопасное удаление припуска. В любом случае алмазными надфилями работают с малым нажимом!

Чеканы[3]

Удаление металла из недоступных для режущего инструмента мест производится с помощью чеканов (рис. 6.4). Чеканы изготовлены из быстрорежущей стали и снабжены лезвиями разнообразных конфигураций. Удар по чекану наносится специальным разгонным молотком. Большой, сглаженный боек молотка обеспечивает попадание по хвостовику чекана “в слепую”. Рукоятка молотка снабжена на конце шаровым расширением, обеспечивающим удобную хватку в ладони, что позволяет наносить удары качанием кисти в запястье, снижая усталость.

Прогресс в машиностроении снижает области применения чеканов. Развитие электроэрозионной обработки сводит их значение практически “на нет”.

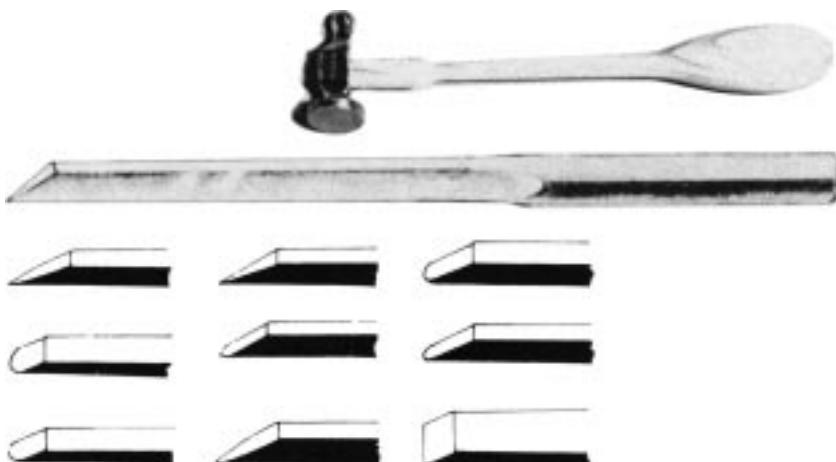


Рис. 6.4. Инструмент для чеканки.

7. Абразивные материалы

Шлифовка и доводка поверхностей связаны с использованием абразивных материалов, из которых производятся разнообразные абразивные изделия: наждачные бумага и ткань ("шкурка"), шлифовальные и правочные бруски, керамические и вулканитовые головки и многое другое.

Абразив характеризуется природой материала, его кристаллической структурой, твердостью и размером зерен. Все это определяет режущую способность абразива, а зернистость, – кроме того, и достижимую шероховатость обрабатываемой поверхности.

Термины, используемые в технологии абразивов и полировке

1. Зерно (das Korn, grain)

Абразив представляет собой зерна, классифицированные на узкие размерные фракции, которые используются для полировки, дальнейшего помола, изготовления жесткого и эластичного абразивного инструмента.

2. Зернистость (die Korngröße, grain size)

Результат измерения величины зерен. Зерна делятся на фракции. Фракция – совокупность зерен абразива, размер которых лежит в заданной области. Фракция, преобладающая в абразиве, – основная.

3. Связка (die Bindung, bond)

Связка – материал, который объединяет отдельные шлифовальные частицы в связанную структуру. Она должна исключать преждевременное выкрашивание отдельных зерен, их залипание, а также не должна захватывать частицы срезанного металла.

4. Керамическая связка (die keramische Bindung, ceramic bond)

Связка для шлифовальных кругов. Состоит главным образом из отобранной глины. В процессе обжига глиняная масса превращается в стекло или фарфор.

5. Синтетическая связка (die Kunstharzbindung, synthetic resin bond)

Связующий материал, представляющий собой синтетические смолы.

6. Органическая связка (die organische Bindung, organic bond)

Связка из органических материалов, как-то искусственные смолы, резины, шеллак.

7. Маслонаполненные абразивы (der Ölstein, oil stones)

Естественно или искусственно изготовленные шлифовальные абразивы, пропитанные маслом, используются для заточки инструмента и в других многочисленных случаях в металлообрабатывающей промышленности.

8. Хонингование (das Honen, honing)

Процесс шлифования специальной хонинговальной головкой, позволяющий достичь в отверстиях очень высокой размерной точности и малой шероховатости. Хонинговальная головка совершает при этом одновременно вращательное и возвратно-поступательное движение.

9. Финишная обработка поверхности

Складывается из трех взаимнопереходящих этапов: шлифовки, доводки (Ldrrpen, lapping) и зеркальной полировки.

Шлифовка производится жесткими абразивными материалами и предназначена для удаления рисков от механообработки.

Доводка – обработка, осуществляемая свободной абразивной лентой, кругами, эластичным абразивом, грубыми пастами с твердыми притирами. В процессе доводки обеспечивается размерная точность поверхности и полностью устраняются риски.

Зеркальная полировка – завершающая стадия финишной обработки, производится мягкими притирами с тонкими пастами. Обеспечивает зеркальный блеск.

Абразивы

1. Карбид кремния (SiC)

Карбид кремния наиболее твердый из производимых абразивов. Он используется в шлифовальном инструменте на керамической, синтетической и органической связке и применяется для обработки отливок, твердых металлов, цветных и легких сплавов, камня, стекла и фарфора. В виде порошка карбид кремния применяется для резки, шлифовки, доводки и полировки стекла, керамики и металлов. Карбид кремния изготавливается в электропечах из кварцевого песка (SiO_2) и кокса (C).

Цвет карбида кремния - от зеленого до черного, а также бесцветный.

Химические свойства карбида кремния: нерастворим в кислых и щелочных растворах, нестойк в расплавах щелочей.

Материалы на основе карбида кремния: шкурки на бумажной и тканевой основах, шлифовальные круги и бруски на керамической, синтетической или органической связке.

Отечественная промышленность выпускает черный (марки 53C, 54C, 55C) и зеленый (марки 63C, 64C) карбид кремния, предназначенный для абразивного инструмента, шлифовальной шкурки и обработки свободным зерном [12].

2. Окись алюминия (Al_2O_3)

Окись алюминия – твердый абразив, содержащийся в естественном наждаке и корунде, а также в плавленном корунде.

В России известно большое число марок корунда [12]:

Нормальный электрокорунд:

- 13A – для абразивного инструмента на органической связке;
- 14A – для абразивного инструмента на керамической и органической связках, шлифовальной шкурки и обработки свободным зерном;
- 15A – для абразивного инструмента на керамической связке, в т.ч. прецизионного классов А и АА, шлифовальной шкурки.

Белый электрокорунд:

- 23A, 24A – для абразивного инструмента, шлифовальной шкурки и обработки свободным зерном;
- 25A – для абразивного инструмента на керамической связке, в т.ч. прецизионного классов А и АА.

Хромистый электрокорунд:

- 33A – для абразивного инструмента на керамической связке, шлифовальной шкурки и обработки свободным зерном;
- 34A – для абразивного инструмента на керамической связке, шлифовальной шкурки и прецизионного инструмента классов А и АА.

Титанистый электрокорунд 37A – для абразивного инструмента на керамической связке для обработки сталей.

Сфериокорунд ЭС – для инструментов на различных связках для обработки мягких и вязких материалов: цветных металлов, пластмассы и проч.

Монокорунд:

- 43A, 44A – для абразивного инструмента на керамической связке и шлифовальной шкурки;
- 45A – для абразивного прецизионного инструмента на керамической связке, шлифовальной шкурки.

3. Боксит

Специальный глинозем с высоким содержанием окиси алюминия, из которого выплавляется искусственный корунд.

4. Карбид бора

После алмаза и нитрида бора – самый твердый из искусственно полученных материалов.

5. Корунд

Естественная окись алюминия более высокой чистоты, чем наждак.

Отечественный **корунд 92Е** – инструменты и микропорошки для полирования деталей из стекла и металлов.

6. Наждак

Естественный абразив низшего качества, чем окись алюминия.

7. Алмаз

Природный или синтетический материал, обладающий самой высокой твердостью. Зерна синтетического алмаза имеют поликристаллическую структуру, в то время, как природный алмаз используется в измельченном виде. Нерегулярная ориентация алмазных кристаллов обеспечивает высокую твердость и износостойкость во всех направлениях. Слипание кристаллов алмазного слоя уменьшает опасность скола вследствие удара. Применяется для обработки твердых сплавов, литья, твердых легированных покрытий, керамики, стекла, камня, окислов, нитридов, карбидов, композитных материалов, стекло- и органопластиков.

Обозначение алмазных зерен за рубежом складывается из буквы D и размера зерна в мкм, например, D 91 – мелкий, D 126 – средний, D 181 – грубый. Алмаз используется в виде гальванических покрытий (чаще всего с никелем), спеченным с металлом (чаще всего с бронзой), на синтетической (бакелитовой) или керамической связке.

В отечественной промышленности алмазные шлифпорошки производятся по ГОСТ 9206-80, согласно которому [12] индексом А обозначены порошки из природного алмаза, АС – из синтетического, АП – из поликристаллических алмазов.

Микропорошки и субмикропорошки маркируются индексом М после обозначения природы порошки (например, АМ, АСМ). Такие порошки повышенной режущей способности имеют в обозначении вместо индекса М индекс Н (АН, АСН).

Цифровой индекс в обозначении порошков из природных алмазов соответствует десяткам процентов содержания кристаллов изометрической формы. Изометрической считается форма зерна, отношение длины к ширине проекции которого (коэффициент формы) не превышает 1,3 (А1, А8).

В шлифпорошках из синтетических алмазов цифра соответствует среднеарифметическому показателю нагрузки при сжатии единичных зерен, выраженному в ньютонах (АС2, АС20). Этот показатель характеризует состояние зерен, например, АС2 – повышенная хрупкость, зерна представлены агрегатами с развитой режущей поверхностью; АС20 – зерна представлены целыми кристаллами и их обломками и сростками, обладающие повышенной прочностью, с коэффициентом формы не более 1,5.

В субмикропорошках цифровой индекс соответствует доле зерен крупной фракции в процентах (АМ1, АСМ1).

Ниже представлено назначение некоторых отечественных алмазных порошков.

Природный алмаз:

- А5 – абразивный инструмент на металлической связке (спеченный алмаз) и инструмент на гальванической связке;
- А3 – абразивный инструмент на металлической связке (спеченный алмаз);
- АМ – инструмент, пасты и суспензии для доводки и полировки закаленных сталей;
- АМ5 – пасты и суспензии для сверхтонкой доводки и полировки.

Синтетический алмаз:

- АС2 – инструмент на органической связке для чистовых и доводочных операций;
- АС6 – инструмент на металлической связке для работы при повышенных нагрузках;
- АСМ – инструменты, пасты и суспензии для доводки и полировки закаленных сталей;
- АСН – инструменты, пасты и суспензии с повышенной абразивностью;

- АСМ5, АСМ1 – инструменты, пасты и суспензии для сверхтонкой доводки и полировки.

8. Кубический нитрид бора (эльбор)

После алмаза, эльбор - самый твердый и наиболее износостойкий материал.

Эльбор особенно подходит для обработки износостойких легированных сталей твердостью более 45 HRC.

Назначение эльбора, выпускаемого отечественной промышленностью [12]:

- ЛО и ЛП – абразивный инструмент на органической, керамической и металлокерамической связках, шлифовальные шкурки, абразивные пасты;
- ЛВМ и ЛПМ – пасты на основе микрошлифпорошков с высоким и повышенным содержанием основной фракции.

Размер зерна и обозначение абразивов

Абразивные порошки в разных странах маркируются по разному, кроме того, маркировка зависит от природы материала. Все это вносит существенную путаницу при выборе абразивного инструмента. Результат анализа многочисленных отечественных и зарубежных источников приведен в табл. 7.1.

Следует различать маркировку для алмазных и абразивных порошков. Для алмазных порошков, как правило, указывается размер зерен в мкм. По международным стандартам перед числом, соответствующем максимальному размеру зерна, ставится буква D (для алмаза) или В (для эльбора). По ГОСТу – указывается диапазон размеров через дробь. Для мелких фракций алмазных зерен используются обозначения, применяемые для характеристики обычных абразивов.

Размер абразивных порошков на основе окиси алюминия и карбида кремния дается, как номер основного сита при ситовом анализе. Значения по стандарту США даны в табл. 7.2 [3].

7.1. Обозначение абразивов по разным стандартам

Размер зерен, мкм	Алмазные шлифпорошки		Шлифовальные порошки	
	FEPA/ISO*	ГОСТ 9206-80**	Стандарт США	ГОСТ 3647-80**
38-45	D/B 46	—	325/400	М 40
45-53	D/B 54	50/40	270/325	М 50 или 4
53-63	D/B 64	50/63	230/270	М 63 или 5
63-75	D/B 76	63/80	200/230	6
74-90	D/B 91	80/100	170/200	8
90-106	D/B 107	80/100	140/170	8
106-125	D/B 126	100/125	120/140	10
125-150	D/B 151	125/160	100/200	12
150-180	D/B 181	160/200	80/100	12
180-212	D/B 213	160/200	70/80	16
212-250	D/B 251	200/250	60/70	20

* D/B - алмаз / нитрид бора (эльбор).

** Указано наиболее близкое значение по ГОСТ 3647-80.

**7.2. Требования к ситовому анализу зерен абразива
на основе оксида алюминия и карбида кремния по стандарту США**

Зернистость №	100%-ный проход через сито №	Контрольное сито		Остаток на контрольном сите, не более, %	Остаток на сите №, не менее		Совокупный остаток на ситах №, не менее		Отсев не более 3% после сита №
		№	Просвет мм		%	Сито №	%	Сита №	
10	7	8	2,2957	15	45	10	80	10 и 12	14
12	8	10	1,9282	15	45	12	80	12 и 14	16
14	10	12	1,6195	15	45	14	80	14 и 16	18
16	12	14	1,3598	15	45	16	80	16 и 18	20
20	14	16	1,1491	15	45	18	80	18 и 20	25
24	16	20	0,8110	20	45	25	75	25 и 30	35
30	18	25	0,6860	20	45	30	75	30 и 35	40
36	20	30	0,5684	20	45	35	75	35 и 40	45
46	30	40	0,4043	20	45	45	75	45 и 50	60
54	35	45	0,3381	20	45	50	75	50 и 60	70
60	40	50	0,2867	30	45	60	65	60 и 70	80
70	50	60	0,2401	15	45	70	70	70 и 80	100
80	60	70	0,2034	15	40	80	70	80 и 100	120
90	70	80	0,1715	15	40	100	70	100 и 120	140
100	80	100	0,1446	15	40	120	65	120 и 140	200
120	100	120	0,1201	15	30	140	60	140 и 170	230
150	100	140	0,1005	15	40	170 и 200	75	170, 200 и 230	270
180	120	170	0,0858	15	40	200 и 230	65	200, 230 и 270	-
220	140	200	0,0711	15	40	230 и 270	60	230, 270 и 325	-

Для примера рассмотрим зерно № 10. Для анализа набирается стопка из 5-ти сит: №14, на него ставится сито № 12, 10, 8 (контрольное) и №7. Пакет сит крепится в специальной машине, создающей колебания. Навеска порошка абразива высыпается сверху на сито № 7 и машина включается. Из таблицы следует, что все зерна должны пройти через сито № 7. На контрольном сите № 8, которое имеет ячейку с размером 2,2957мм (0,0937'), должно остаться не более 15% всех зерен, на основном сите № 10 – не менее 45%. В сумме на ситах № 10 и № 12 должно задержаться не менее 80% зерен. Наконец, сквозь самое мелкое сито № 14 должно пройти не более 3% от всех зерен. Обращаем внимание на жесткое ограничение содержания мелкой и крупной фракций, что обеспечивает качественную полировку.

Очень мелкий абразив, известный как “мука”, не может быть рассеян на ситах. Его размер определяется специальными методиками по скорости расслоения и осаждения взвеси абразива в воде. Зачастую фирмы-производители используют свои методы и свои обозначения таких абразивов, что затрудняет их сопоставление.

В России подход к оценке зернистости иной: согласно ГОСТ 3647-80 шлифовальные материалы по величине зерна делятся на четыре группы: шлифзерно (2000 – 160 мкм), шлифпорошок (125 – 40 мкм), микрошлифпорошок (63 – 14 мкм) и тонкий микрошлифпорошок (10 – 3 мкм). [12] Численное значение зернистости выражается, как размер зерен основной фракции и дополняется буквенным индексом, зависящем от процентного содержания основной фракции (табл. 7.3), например, 40-П, 40-Н. Приняты следующие обозначения абразивных материалов:

- шлифзерна и шлифпорошки – число, равное 0,1 размера стороны ячейки сита основной фракции в свету, например, 40 и 25 для зерен 400 и 250 мкм, соответственно;
- микропорошки – буква М с численным индексом, равным верхнему значению размера основной фракции, например, М40 и М10 для зерен 40 и 10 мкм, соответственно;
- алмазные шлифпорошки – дробь, числитель которой соответствует размеру стороны ячейки верхнего сита, а знаменатель – нижнего сита, основной фракции, например 400/250 или 160/100;
- алмазные микропорошки и субмикропорошки – дробь, числитель которой равен наибольшему, а знаменатель – наименьшему, размеру зерен основной фракции;
- шлифзерна и шлифпорошки эльбора маркируются в зависимости от методов контроля. При ситовом методе контроля обозначение складывается из буквы Л и размера ячейки сита в свету, например, Л20, Л10. При микроскопическом методе определения размеров обозначение совпадает с обозначением алмазных шлифпорошков.

Свободные абразивные зерна используются редко, в основном применяются различные инструменты, в которых абразив находится в связанном состоянии. Алмазные надфили, рассмотренные выше, по существу являются абразивными инструментами.

Связка и структура абразивного инструмента

Как отмечалось, связка представляет собой вещество, объединяющее отдельные частицы шлифовальных материалов в связанную структуру. Часто связка представляет собой смесь различных веществ, придающих ей определенные физико-механические, технологические и эксплуатационные свойства. Зарубежные фирмы обычно не раскрывают характера и свойств связки своих изделий. Известно, что ими применяются керамическая, синтетическая и органическая связки. Точной аналогии с отечественными материалами нет. В России применяются: керамическая (К2, К3, К2, К1, К5, К8), бакелитовая (Б, Б1, Б2, Б3, Б4, БУ, Б156, БП2) и вулканитовая (В, В1, В2, В3, В5, Гф, Пф, Э5, Э6) связки [12].

За рубежом алмазные инструменты рассматриваются, как спеченный или гальванически осажденный алмаз. В России подход унифицирован: для алмаза используется органическая с металлическим (Б156, БП2, ТО2) или минеральным (Б1, О1) наполнителем, органическая (Б3, Б1, БР, Р9, Р14Е), металлическая (МВ1, ПМ1, М1, МК, М15), гальваническая никелевая, керамическая (К1) и др. связки [12].

Назначение и эксплуатационные характеристики абразивного инструмента определяется структурой инструмента, которая определяется соотношением объемов шлифовального материала, связки и пор. В отечественном производстве структура выражается номером. Рекомендации по выбору структуры приведена в табл. 7.4.[12].

За рубежом все значительно сложнее. Установившейся структуры обозначения инструмента нет. Каждая фирма-производитель вводит свои обозначения, не раскрывающие природы вещей, кроме того, ряд фирм-поставщиков, таких, как HASCO, DME, EOC Normalien и другие, вводят свои обозначения, причем изготовитель ставит их на своей продукции, окончательно затемняя дело. В такой ситуации, приобретая два изделия под разными

7.3. Минимальное содержание основной фракции шлифовальных материалов, %

Индекс	Зернистость				
	200-8	6-4	M36-M28	M20-M14	M10-M5
В	–	–	60	60	55
П	55	55	50	50	45
Н	45	40	45	40	40
Д	41	–	43	39	39

7.4. Область применения абразивных инструментов с разными номерами структур

Номер структуры	Объемное содержание абразива, %	Область применения
1 – 3	60 – 56	Шлифование с малым съемом материала кругами на бакелитовой и керамической связках
3, 4	56, 54	Отрезка. Шлифование с большими подачами и переменной нагрузкой. Профильное шлифование. Шлифование твердых и хрупких материалов
5, 6	52, 50	Круглое наружное, бесцентровое, плоское периферией круга шлифование металлов с высоким сопротивлением разрыву
7, 8	48, 46	Шлифование вязких металлов с низким сопротивлением разрыву. Внутреннее шлифование, заточка инструментов, плоское шлифование торцем круга
9 – 12	44 – 38	Скоростное шлифование. Профильное шлифование мелкозернистыми кругами. Шлифование резьбы. Шлифование с уменьшенным тепловыделением в зоне резания
14 – 16	34 – 30	Шлифование неметаллических материалов, металлов с низкой теплопроводностью (устранение прижогов и трещин)

названиями, но внешне похожих, нельзя быть уверенным, что это не одно и то же. При выборе и эксплуатации инструмента следует ориентироваться на рекомендации поставщика или учитывать свой опыт.

8. Расходные материалы для финишной обработки

Для каждого из этапов финишной обработки разрабатываются и выпускаются свои расходные материалы, под которыми понимаются насадки для механизированного инструмента и различные элементы, используемые при работе “вручную”. Материалы можно разбить на три группы: материалы для шлифовки, доводки и полировки, однако, четких границ между ними нет, поэтому мы все рассматриваем в одном разделе.

Шлифовальные шкурки

Шлифовальная шкурка – абразивный инструмент на гибкой основе – представляет собой абразив закрепленные на основе при помощи природного или синтетического клея. В качестве абразива используются зерна корунда или карбида кремния, а основы – бумага, ткань, фибра и прочее. Шкурка может быть самоклеющейся, при этом тыльная сторона основы имеет несыхнувшее клеевое покрытие, закрытое бумагой, пропитанной силиконом, которая снимается перед наклейкой. Вместо клея иногда используется “репейник”, обеспечивающий смену не до конца использованной шкурки, на другую, а также некоторую податливость слоя.



Рис. 8.1. Абразивная шкурка.

Бумажная основа шкурки различается плотностью. В США[3] шлифовальная бумага выпускается на основе четырех типов: сорт “А” – самый легкий и эластичный; сорта “С” и “D” – более стойкие, но менее эластичные; сорт “Е” – стойкая жесткая бумага, поставляется в форме рулонов, дисков и цилиндров для использования на механизированном инструменте.

Тканевая основа, также имеет несколько типов. В США легкий материал обозначается буквой “J”, а более стойкий, жесткий – буквой “X”.

Шкурка может быть рассчитана для работы “всухую” либо с водой. Водостойкие шкурки имеют специальную основу и клей, устойчивые к воздействию влаги.

Шлифовальная шкурка используется в виде листов (рис.8.1), лент-бобин разной ширины, бесконечных лент, шлифовальных дисков; из нее серийно изготавливают верные насадки, шлифовальные кольца. Поставляются магазины с бобинами шкурки разной зернистости и специальные зажимы для фиксации полосок, отрывающихся из таких магазинов.

Отечественные шлифовальные шкурки рулонные на тканевой основе выпускаются по ГОСТ 5009-82 и ГОСТ 13344-79, на бумажной основе – по ГОСТ 6456-82 и ГОСТ 10054-82; шлифовальные листы и диски – по ГОСТ 22773-77, шлифовальные трубки, кольца и конуса – по ГОСТ 22774, лепестковые круги – по ГОСТ 22775-77, диски на фибровой основе – по ГОСТ 8692-82 [12].

В настоящее время появилась алмазная фольга (рис. 8.2), которая представляет собой стальную фольгу с гальванически осажденным алмазным покрытием; тыльная сторона покрыта не сохнувшим клеем. Зернистость алмазной фольги: грубой – 100, 150, 200, 300; средней – 400, 600, 1000; тонкой – 2000, 3000, 4000; сверхтонкой – 8000. Фольга может наклеиваться на профильные поверхности, в частности цилиндрические оправки диаметром до 8 мм, которые можно использовать в бормашинках на скорости до 3000 об/мин. Перед наклейкой фольгу вырезают “в размер” и выгибают по профилю поверхности.



Рис. 8.2. Алмазная фольга.

Шлифовальные бруски

Шлифовальные бруски (рис. 8.3) представляют собой стержни состоящие из связки с распределенным в ней абразивом. Связка и абразив должны удовлетворять разнообразным, зачастую противоречивым требованиям. Вот некоторые из них.

Зерна абразива должны быть с одной стороны достаточно прочными и твердыми, для обеспечения съема металла, а с другой стороны – хрупкими, чтобы разрушаться по мере затупления. При раскалывании зерна образуются новые режущие кромки, что позволяет поддерживать эффективность обработки.

Связка должна прочно удерживать зерна абразива, исключая выкрашивание в процессе резки, особенно при затуплении, и обеспечивая их разрушение. В то же время, полностью разрушенное и отработанное зерно должно беспрепятственно удаляться из связки, обеспечивая доступ в зону резки новых зерен. В противном случае происходит “засаливание” бруска. От связки зависит такой важный параметр, как жесткость бруска. В США этот параметр определяется сортом, имеющим буквенный индекс от А (самый мягкий) до Z (самый твердый). Обратите внимание, что одинаковые сорта разных производителей не совпадают по своим характеристикам. В Европе немецкая фирма EOC Normalien применяет пятибалльную шкалу для характеристики брусков (см. табл. 8.1). При выборе инструмента следует учитывать, что связка не должна обладать абразивными свойствами. Это особенно недопустимо для мелкозернистых брусков.

Зернистость брусков определяется зернистостью основной фракции абразива (см. выше) и лежит в пределах от 100 для грубого бруска до 900 – для тонкого. Однако, в пределах одинаковой зернистости, форма кристаллических частиц абразива имеет решающее влияние на режущую способность и характер получаемой поверхности. Например, окись алюминия имеет зерно “блочной” формы, которое при обработке дает широкую царапину. При рассмотрении в отраженном свете такая поверхность кажется яркой. Зерна карбида кремния такой же зернистости имеют тонкие и острые грани, которые дают узкие царапины. Такая поверхность в отраженном свете кажется более темной.

Пористость бруска, именуемая структурой (см. выше), оказывает влияние на результат обработки. От структуры бруска зависят усилие прижима, приемы работы с ним, а в итоге – конечный результат. Существует множество способов влияния на структуру бруска в процессе его производства, что приводит к обилию патентов и “ноу-хау” в этой области, что затрудняет выбор необходимого типа полировального бруска.

Разработаны бруски и для специальных целей, например, для удаления твердой корки, остающейся после электроэрозионной обработки.

При использовании брусков с механизированным инструментом необходимы специальные зажимы и переходники для их крепления. В опилочное устройство ставится струбцинка с хвостовиком, а брусок зажимается между ее губок. В ультразвуковой излучатель бруски крепятся при помощи адаптеров: клеммных зажимов, ширина паза которых должна соответствовать толщине бруска. При установке насадки в такой адаптер необходимо ограничить амплитуду колебаний, для чего на панели прибора есть соответствующая кнопка, если этого не сделать, то при большой мощности колебаний брусок либо вырвет из зажима, либо он разрушится в месте крепления.

Полировщики в процессе освоения привыкают к определенным типам брусков, вырабатывают свои приемы работы с ними. Помочь в выборе брусков может таблица 8.1, в которой сведены характеристики и область применения брусков, поставляемых фирмой EOC Normalien[7]. К сожалению сведений по отечественным брускам мы не имеем.



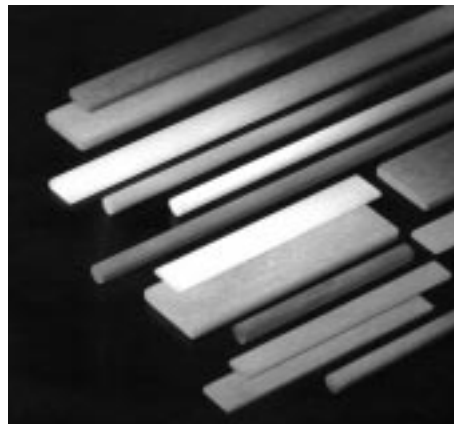
Рис. 8.3. Шлифовальные бруски.

8.1. Характеристика полировальных брусков, поставляемых фирмой EOC Normalien

[illegible]

Керамические полировальные бруски

Современные технологии позволяют создавать поверхности, которые было невозможно изготовить четверть века назад. Высокоскоростные головки, твердосплавный инструмент, станки с ЧПУ, наконец, электроэрозионная обработка сняли ограничения на сложность пластмассовых деталей. Однако возникли проблемы с финишной обработкой поверхностей: глубокие, узкие щели и твердая корка на поверхностях исключили возможность использования полировальных брусков из-за их малой прочности и потребовали создания нового инструмента для доводки и полировки.



Керамические камни используются для финишной полировки поверхности пресс-форм. Пригодны для полировки легированных и не легированных инструментальных сталей, отливок, сплавов меди, алюминия, кремния, магнитных материалов, камня, пластмассы, и т.д.

Керамические камни сделаны нового композитного материала, состоящего из длинных волокон керамики и терморезактивной смолы. Жесткие керамические волокна всегда направлены в торец сечения. Керамические камни в сечении имеют форму круга диаметром 3 мм или прямоугольника сечением от 0,5х4 до 3,0х10 мм. Поставляются двух длин: 40 мм для ультразвуковых аппаратов и 150 мм для ручного применения и опилочных устройств. Камни имеют зернистость 300, 400, 600, 800, 1000 и 1200.

Преимущества керамических камней, обеспечивающие их эффективность:

- высокая режущая способность
- малый износ
- стабильность формы
- механическая прочность и упругость
- однородность на всей длине
- легкая профилируемость.

Бруски могут использоваться всухую или со смазкой. При работе вручную брусок закрепляют в пластмассовой державке, для установки в опилочное устройство или ультразвуковой инструмент используются специальные зажимы с упором. Высокая стойкость и стабильность формы керамических камней позволяют применять их в качестве притиров для алмазных паст. В этом случае керамические камни перемещаются параллельно обрабатываемой поверхности.

Шлифовальные головки для бормашинок

Для инструмента с вращающимся шпинделем, как и для опилочного, выпускаются разнообразные насадки, обеспечивающие эффективную обработку поверхности.

Фрезы

Аналогом надфилей можно считать твердосплавные борфрезы и многокромочные фрезы (рис. 8.5) – мелкозубый инструмент, рассчитанный для установки в штатные цанги бормашинок и предназначенный для удаления грубых следов шероховатости и съема больших припусков. Существует большое разнообразие форм и размеров борфрез. Алмазные головки на гальванической и металлической связке завершают эту аналогию.



Рис. 8.5. Борфрезы и многокромочные фрезы



Рис. 8.6. Некоторые типы шлифовальных головок

Абразивная шкурка

Шлифовальная шкурка широко представлена в инструменте вращения. Широко известны конические и цилиндрические оправки, на которые наворачиваются обрезки шкурки, что позволяет использовать этот универсальный материал с бормашинками.

Диски разного диаметра из шкурки крепятся на эластичных тарельчатых кругах. Их наиболее удобно использовать на угловых бормашинках, в то время, как кольца и колпачки из шкурки, устанавливаемые на упругие разжимные оправки, предназначены, в основном, для прямых шпинделей.

Из шкурки изготавливаются веерные круги разных диаметров, ширин и зернистости, а также специфические головки, представляющая собой цилиндр из натканного материала, насыщенный зернами абразива (корунд или карбид кремния).

Шлифовальные и вулканитовые насадки

Жесткие абразивные головки – наиболее распространенный вид шлифовального инструмента для бормашин – выпускаются разных размеров и конфигураций. Чаще всего можно увидеть цилиндрические, дисковые и сферические головки, однако существует и целая гамма специальных профилей.

В производстве насадок используются различные виды связок, определяющие их свойства, в частности, жесткость и допустимую окружную скорость. Головки на органической (каучуковой) связке известны, как вулканитовые, при этом используются жесткие и мягкие резины.

Керамические насадки

Аналогично керамическим брускам, рассмотренным выше, выпускаются керамические диски, которые крепятся на специальной оправке, и керамические головки. Диаметр дисков 22мм, а толщина – 0,4-0,6 мм, диаметр и высота головки – 6 мм.

8.2. Пасты широкого назначения, поставляемые фирмой EOC Normalien

Обозначение	Характеристика и назначение
PP 01	Композиция для предварительной шлифовки цветных металлов, искусственных смол и рогообразных материалов.
PP 02	Коричневая композиция для шлифовки чугуна, цветных металлов, искусственных смол и рогообразных материалов.
PP 03	Белая композиция для полировки благородных и мягких металлов, прессованных материалов.
PP 04	Красная композиция для полировки хромированных изделий, нейзильбера, благородных металлов
PP 05	Зеленая композиция для полировки всех металлов и прессованных материалов. Для осветления ножей.
PP 06	Голубая полировальная композиция. Основное применение - VA-стали.
PP 07	Особо белая композиция для полировки плексиглаза, искусственных материалов, полиэфиров, нейзильбера, благородных металлов
PP 08	Универсальная особо тонкая полировальная паста для полировки алюминия и акриловых смол

Полировальные пасты

В процессах доводки и полировки основное применение находят абразивные пасты, причем, в настоящее время на западе преимущественно используются пасты с алмазным абразивом. Такие пасты, особенно из природного алмаза, обладают великолепной режущей способностью, обеспечивая высококачественную и высокопроизводительную обработку.

Пасты, применяемые для полировки, должны иметь зерна строго постоянного размера (рис. 8.7 в): во-первых, это исключит образование царапин, зернами большего размера, во-вторых, повысит производительность за счет одновременного вовлечения большего числа зерен в процесс обработки, наконец, улучшит использование алмаза, поскольку в пасте не будет мелких, не работающих зерен. Используются высококонцентрированные пасты. При работе с ними не требуется сильного нажима, что снижает вероятность переполитовки, которая приводит к образованию “апельсиновой кожицы”.

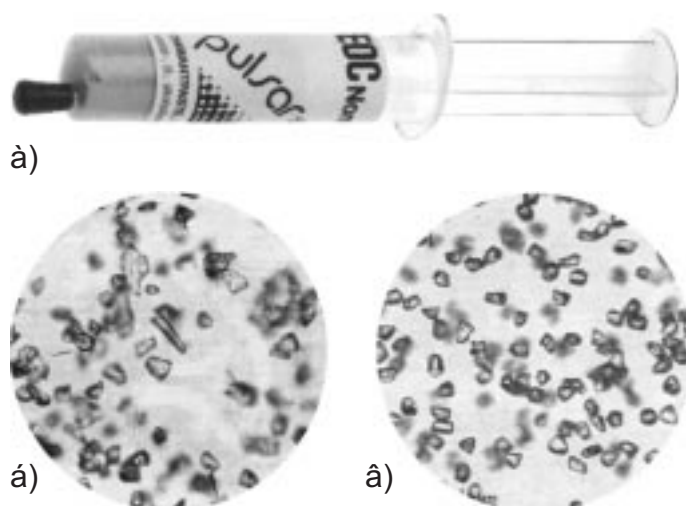


Рис. 8.7. Алмазные пасты
а - шприц с пастой, б - нерегулярная структура,
в - высококонцентрированная паста

К основе пасты предъявляются достаточно жесткие требования: она должна удерживать абразивные зерна от расслоения при хранении и работе, обладать достаточной буферностью для связывания срезаемых частиц металла, обеспечивать хорошее сцепление с притиром, разжижаться какими-либо разбавителями по мере насыщения металлическими включениями. Как правило, высококонцентрированные пасты масло- и спирторастворимы. Для визуального определения зернистости пасты в основу вводят разноцветные красители: синий – 1мкм, зеленый – 3 мкм, желтый – 6 мкм, красный – 9 мкм, коричневый – 15 мкм, пурпурный – 30-50мкм (у разных производителей).

Кроме паст выпускаются алмазные аэрозоли и высококонцентрированные суспензии, содержащие алмазные зерна, а также большое количество не алмазных абразивных паст самого широкого назначения, например, см. табл. 8.2.

Полировальные притиры

Применение полировальных паст сопряжено с использованием притиров. По своей природе притиры различаются на твердые и мягкие, о назначении которых будет подробно сказано ниже. Твердые притиры сохраняют свою форму, которая адаптирована к профилю обрабатываемой поверхности, и обеспечивают более или менее равномерный сьем металла. Твердые притиры изготовлены из латуни, пластмасс, различных сортов дерева.



Рис. 8.8. Притиры

Мягкие притиры – различные по твердости сорта фетра и вата – применяются с тонкими пастами на завершающей стадии полировки для получения зеркального глянца. Обособленное положение занимают металлические и полимерные щетки.

Поставляются притиры для работы вручную, на опилочном, ультразвуковом и ленточном инструменте, а также с бормашинками. На рис. 8.8 приведены некоторые типы притиров.

Смазки и разбавители

Процесс доводки абразивными брусками сопряжен с применением смазки. Смазка облегчает работу, позволяет получить более качественную поверхность, предотвращает “засаливание” брусков (возможность применения смазки оговаривается в характеристиках бруска). Кроме этого, смазка защищает полируемую поверхность в процессе работы от коррозии.

Существует большое количество смазок, поставляемых фирмами, торгующими инструментом, однако, многие полировщики используют “самодельные” композиции, например, состоящие из тонкодиспергированного моторного масла в уайт-спирите. Современные полировальные масла не вызывают раздражения кожи и дыхательных путей, однако в этом целесообразно убедиться, прочитав надписи на этикетке.

Примером современных масел может служить масло WK 35[7] поставляемое из Германии от фирмы EOC Normalien, а также BORI-LUBE 10[3] американского производства.

Для работы с алмазными пастами необходимы разбавители. Как правило, пасты рассчитаны на применение масляно-спиртовых разбавителей, например типа F25 от фирмы EOC Normalien.

Промывка полируемой поверхности при смене зернистости абразивного материала, должна полностью удалить зерна предыдущего абразива и защитить поверхность от коррозии, перед следующим этапом. Желательно, чтобы промывочная жидкость была экологически чистой и безвредной для человека. Фирма EOC Normalien поставяет промывочную жидкость BL 10.

Правка и чистка инструмента

В завершение обзора расходных материалов следует упомянуть о том, как его чистить и править. В периодической правке и чистке нуждаются практически все инструменты и насадки, а некоторые из них перед использованием профилируют по контуру обрабатываемой поверхности.

Чистка “забитых” стружкой напильников и надфилей производится специальными металлическими щетками.



Рис. 8.9. Металлическая щетка

Для правки абразивных материалов используются различные оселки из природных материалов (арканзаский и индийский камни[3]), корунда, карбида кремния, спеченного алмаза. В отличие от полировальных брусков оселки имеют более высокую твердость и стойкость, а к их зернистости не предъявляется жестких требований. В ряде случаев для этих целей выпускаются специальные инструменты, например, алмазные карандаши для правки керамических полировальных брусков.

Жесткие притиры должны точно повторять контур обрабатываемой поверхности. Не допускается использовать для их подгонки какие-либо абразивные инструменты.

Абразивные головки, бруски оставят в теле притира свои зерна, которые при работе с пастами приведут к возникновению царапин.

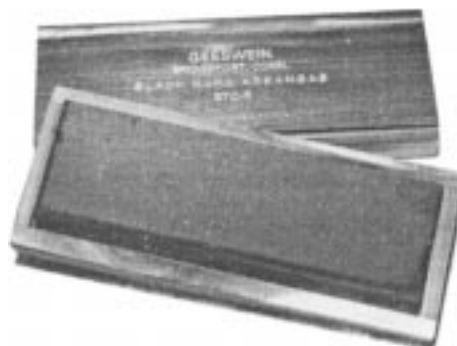


Рис. 8.10. Арканзаский камень

9. Приемы обработки

Рассмотрев механизированный и ручной инструмент, абразивные и иные материалы, пора ознакомиться с основными приемами его применения, рекомендуемыми зарубежными источниками [3, 8].

Приемы шлифовки бормашинками

Бормашинки – основной инструмент для небольшого съема металла в процессе финишной обработки поверхности. Учитывая высокую скорость и эффективность резания, при использовании такого инструмента требуется соблюдать чрезвычайную осторожность. Неосторожное движение может привести к неисправимому дефекту и браку дорогостоящей детали, в которую уже вложен большой труд. Повторим, любой, самый современный вид ремонта на видовой полированной поверхности оставит видимый след, а он отпечатается на пластмассовом изделии, причем, ни отделка, ни хромирование поверхности не помогут.

В шлифовальный инструмент устанавливаются абразивные диски и другие шлифовальные головки. Основное назначение шлифовки – удалить следы шероховатости от предыдущей механообработки, которые слишком грубы для доводки брусками. На первом этапе опытным полировщикам можно рекомендовать использование твердосплавных борфрез, которые обеспечивают быстрый и эффективный съем металла. При работе фрезами необходимо четко контролировать бормашинку. Твердосплавный инструмент хрупок по своей природе и, работая с ним, оберегайте его от падений и ударов в процессе резки.

При шлифовке, установленные в бормашинку, насадки стремятся следовать волнам шероховатости. Это затрудняет обработку гладких и плоских поверхностей. Всегда, когда это принципиально возможно, начиная шлифовку, инструмент ведут вдоль рисков шероховатости, срезая только их гребни. По мере выравнивания поверхности направление шлифовки изменяют: инструмент перемещают под углом 45° к рискам шероховатости, продолжая срезать возвышающиеся над впадинами гребни. При работе руки и предплечья должны быть напряжены для максимального контроля над инструментом, от чего зависит гладкость получаемой поверхности и объем последующей финишной обработки. Инструмент следует перемещать равномерно, с постоянным давлением на режущую насадку.

Для помощи шлифовщику иногда поверхность опыляют каким-либо красителем, который заполняет риски шероховатости. В ряде случаев, особенно при удалении грубых следов с использованием мощных бормашинки операция разбивается на два этапа. Черновой проход, при котором снимаются основные гребни неровностей, но все еще остается краска в глубинах рисков, выполняется малоквалифицированным персоналом или учениками. Окончательная шлифовка делается мастером при полировке формы.

Направление вращения насадки влияет на режимы резания и будет рассмотрен дополнительно. Однако следует иметь в виду что при движении инструмента против вращения насадка стремится “всплыть”, уменьшив глубину резания, и, наоборот, при совпадении направлений вращения и перемещения насадка стремится увеличить глубину резания.

Другим важным фактором является частота вращения инструмента, а точнее – линейная скорость режущей поверхности насадки относительно обрабатываемой детали. Линейная скорость увеличивается с увеличением частоты вращения шпинделя и диаметра насадки, поэтому для обеспечения одинаковых условий обработки насадка малого диаметра должна вращаться быстрее, чем насадка большого диаметра. В случае необходимости, скорость вращения регулируется либо реостатом (блоком питания) для инструмента с электроприводом, либо давлением воздуха для пневматического инструмента.

Зернистость абразива во многом определяет эффективность шлифовки, которую начинают насадками грубой и заканчивают более тонкой зернистостью. Использование мелкозернистых насадок на первом этапе приводит к необоснованному перерасходу материалов и времени на обработку, наоборот, слишком грубый абразив может повреждать достаточно “чистую” исходную поверхность.

После выбора насадки, установите ее в шлифовальный инструмент с минимально возможным вылетом, исключаяющим возможные биения. Абразивные круги и головки правятся

специальным камнем, обеспечивающем соосность их поверхности и оси вращения. В случае необходимости (обработка фасонных поверхностей) головка профилируется. Правку производят периодически по мере “засаливания” абразивной поверхности, которое происходит из-за захвата связкой головки срезанных металлических частиц.

Частично использованные насадки сохраняются для последующей аналогичной работы. Со временем у полировщика накапливаются насадки, подогнанные под соответствующие конструктивные элементы, что в значительной степени ускоряет процесс шлифовки.

Приступая к шлифовке, определите зону обработки и направление движения инструмента. Разверните деталь таким образом, чтобы иметь возможность легко и твердо перемещать инструмент, обеспечивая устойчивое повторяющееся движение. В том случае, если заготовка слишком велика, выберите соответствующее удобное положение.

Обработку больших поверхностей проводите отдельными небольшими участками, позволяющими обеспечить однородное давление на инструмент, которые затем соединяют воедино. Другая хорошая практика – крестообразные проходы инструмента. Сначала поверхность полностью выравнивается в одном направлении. Второй проход шлифовки пересекает предыдущий и выполняется до полного удаления следов от предыдущего.

Выполняя работы механизированным инструментом, помните: полировщик управляет шлифовальным инструментом, никогда не допускайте обратной ситуации! Мощь, находящаяся в Ваших руках, при небрежном обращении может кончиться серьезными проблемами! Уважайте инструмент! [3]

С опытом постигаются внешние признаки, позволяющие определить правильность хода процесса шлифовки. Например, снижение частоты вращения, проявляющееся в изменении (понижении) тона звука, свидетельствует о чрезмерном давлении, прикладываемом к инструменту. Снижение скорости приводит к уменьшению съема металла, с одной стороны, и к образованию царапин – с другой. Величина нажима определяется опытом полировщика. Осваивая новый инструмент и насадки, следует внимательно слушать звук, издаваемый им, и наблюдать достигаемый при этом результат, выбирая оптимальный. В дальнейшем отклонения от оптимального тона будут свидетельствовать о нарушениях в процессе шлифовки.

Подергивания камня в процессе шлифовки и увеличение сопротивления его перемещению по гладкой поверхности наиболее вероятно возникают из-за износа или “засаливания” камня. В первую очередь проводят правку камня оселком, если это не дает положительного эффекта, – значит камень изнашивается и его линейная скорость снизилась. Одна из причин произвольного изменения скорости – попытка вести обработку сразу большой поверхности, при этом невозможно обеспечить равномерный нажим. Повторим еще раз: обрабатывайте большую поверхность небольшими участками.

Приемы опиловки

Опиловка при равных объемах снимаемого металла более трудоемкий процесс, чем шлифовка бормашинками, поэтому надфили применяются в тех случаях, когда использование бормашинки невозможно или нецелесообразно.

Начинать следует с правильного выбора надфиля, при этом учитываются профиль заготовки, свойства и толщину снимаемого слоя металла. Работая надфилем, твердо удерживайте его, обеспечивая надлежащий нажим и направление движения. Слишком сильный нажим приводит к ухудшению качества получаемой поверхности и повреждению насечки надфиля. Слабый нажим не решает задач, стоящих перед обработкой. При обратном ходе надфиля снимайте или, по крайней мере, ослабляйте нажим: это позволит избежать быстрого затупления надфиля и предотвратит задиры на обрабатываемой поверхности, которые могут возникнуть при срезе стружки задней кромкой насечки.

Одна из распространенных проблем – наличие жира или масла на поверхности. Это приводит к тому, что срезанные опилки не выводятся из зоны реза, а застревают между зубцами, забивая насечку. Предотвратить забивку надфиля можно натерев насечку мелком. Подготавливая деталь к опиловке, удалите с поверхности загрязнения и протрите ее этиловым спиртом или аналогичным растворителем для удаления пятен масла и СОЖ. Не проводите по поверхностям детали и надфиля рукой, т.к. жир, находящийся на вашей коже, может привести к проблемам при последующей опиловке. Очистить надфиль можно мелкой металлической (стальной или медной) щеткой, протягивая ее по диагонали поперек его лицевой поверхности. Щетку перемещайте в одном направлении. В том случае, когда вся стружка щеткой не удаляется,

попробуйте протереть поверхность бруском из мягкой латуни или меди или выдуть ее сжатым воздухом. Если надфиль не забит и, тем не менее, скользит по поверхности, значит он затупился. Такой надфиль подлежит замене.

При подготовке детали к обработке обратите также внимание на следующее. Во избежание быстрого и преждевременного затупления надфиля, поверхность, предназначенная для опиловки, не должна содержать зерен абразива и волосинок ткани, которые, например, могли остаться от шлифовки.

В завершение еще один совет. При обработке плоской поверхности направление движения надфиля должно крестообразно перемежаться. Это позволит избежать образования волн и ряби, а в случае их возникновения – удалит их.

Приемы чеканки

Как отмечалось, прогресс в области технологии металлообработки свел значение чеканки, практически, “на нет”. Тем не менее, рассмотрим основные приемы выполнения этих работ.[3]

Правильно заточенный и используемый чекан должен резать однородное углубление или полосу, снимая завивающуюся, как при механообработке, стружку. Наиболее сложно научиться “вслепую” бить по хвостовику чекана широкой частью разгонного молотка, наблюдая при этом режущую часть чекана и снимаемую им стружку. Этот навык приходит со временем при постоянной практике; хорошая чеканка требует терпения! Разгонный молоток имеет малый вес, что позволяет наносить частые легкие удары. Как отмечалось, этому способствуют форма и балансировка молотка, позволяющие работать только запястьем. Перемещайте руку только при изменении направления хода. Чекан твердо удерживается в руке, упираясь ладонью в деталь напротив обрабатываемого участка. Это уменьшит вероятность “болтанки” и позволит избежать неоднородного среза. Угол наклона чекана определяется углом его заточки и от этого в некоторой степени зависит глубина реза.

Переточка чекана, обеспечивающего равномерный рез, требует большого внимания и осторожности. Интервал между переточками во многом зависит от качества заточки и стиля работы. Острое лезвие будет быстро “садиться”, поэтому режущий угол должен быть достаточно “тупым” – считается, что для хорошего резания он должен составлять примерно 70°. В ряде случаев для работы в труднодоступных местах требуется более острая заточка. При заточке на заточном станке не допускайте прижеги лезвия. После получения нужной конфигурации и угла лезвие нужно заточить: удалить все заусенцы с режущей кромки, что делается заправочным оселком.

Наиболее распространенная ошибка при чеканке – попытка удаления толстого слоя металла за один проход. Это приводит к “болтанке” чекана, который производит неровную поверхность, дальнейшие доводка и полировка которой вызывают значительные трудности. Следует иметь в виду: чрезмерный “энтузиазм” оканчивается трудно устранимыми канавками и подрезами.


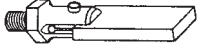
Приемы работы с ультразвуковым прибором

Полировка в труднодоступных местах, таких, как узкие щели, фильеры, глухие углы, донья небольших впадин, а также мелких конструктивных элементов сегодня немыслима без использования ультразвуковой установки. В ряде случаев сокращение времени финишной обработки опытными полировщиками может достигать 65%, что позволяет окупить установку на нескольких матрицах. Вместе с тем, ультразвуковая обработка “не панацея” от всех проблем полировки, например, бессмысленно использовать этот прибор при работе на больших и гладких поверхностях.

Работая с ультразвуковым инструментом, надо соблюдать осторожность, как с точки зрения неаккуратного воздействия на поверхность и повреждения ее, так и с позиций возможного ожога кожи при касании конца насадки включенного прибора, причем, ожог возникает не из-за высокой температуры (она нормальная, комнатная), а вследствие воздействия ультразвуковых колебаний при непосредственном контакте с телом.

С ультразвуком используются спечённые и гальванически осажденные надфили, плотные абразивные бруски, керамические бруски, различные притиры с алмазными пастами, т.е. традиционный набор расходных материалов.

9.1. Режимы обработки ультразвуковым инструментом.

Тип резца	Режим обработки
Обычный резец 	Амплитуда колебаний – 40 мкм: грубая полировка алмазными надфилями и спеченным алмазом
	Амплитуда колебаний – 30 мкм: предварительная полировка рубиновыми камнями и алмазным инструментом зернистостью более 320 (размер зерна менее 40 мкм)
Зажимной резец 	Амплитуда колебаний – 20 мкм: окончательная полировка твердыми деревянными притирами и вулканитовым инструментом
	Амплитуда колебаний – 10 мкм: завершающая полировка мягкими деревянными притирами с алмазной пастой

Обработку можно вести (рис.9.1) боковой поверхностью насадки, ребром насадки, наклоненной под углом к поверхности (для неалмазных насадок оптимальным считается угол 30°), и торцем насадки ("в упор"). Следует избегать большого нажима, т.к. при этом увеличиваются непроизводительные потери мощности ультразвука. В таблице 9.1 приведены рекомендуемые режимы работы ультразвукового прибора и их назначение.

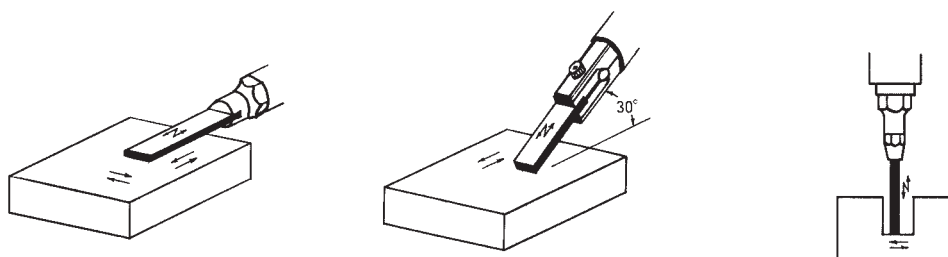


Рис. 9.1. Направление обработки ультразвуковым инструментом.

10. Основы полировки

Предшествующая обработка

Выбор путей и методов финишной обработки поверхности во многом определяется состоянием исходной поверхности. Современное инструментальное производство использует для обработки формообразующих деталей станки с ЧПУ, копировальные и электроэрозионные. Механообработка оставляет ритмичный рельеф, представляющий собой совокупность рисков. Следы от электроэрозии имеют характерный рисунок, причем поверхность имеет твердую “корку”, затрудняющую полировку. Некоторые фирмы, в частности, Sodick, создали электроэрозионные технологии, обеспечивающие ЭЭ “выхаживание” поверхности до шероховатости $Ra=1$ мкм.

Следы, остающиеся после машинной обработки, перед полировкой необходимо удалить с возможной равномерностью, обеспечивающей сохранения геометрической формы поверхности. Для этого применяется машинная или ручная черновая и чистовая шлифовки.

Припуск на полировку составляет по разным источникам [3, 8] от 0,025 до 0,1 мм. При наличии очень грубой шероховатости припуск рекомендуется увеличить на 0,05 ... 0,07 мм [3]. Если перед окончательной полировкой деталь подвергается термообработке, то на завершающую стадию полировки, начинающуюся обычно с абразива зернистостью 320 ... 400, оставляют припуск 0,007 ... 0,013 мм [3].

Шлифовка и опиловка

На начальном этапе грубые следы шероховатости от предыдущей механообработки удаляются шлифовкой поверхности. При шлифовке используют абразивный диск или шкурку, наклеенную на торцевую эластичную тарель, установленные в шлифовальную машинку или наконечник гибкого вала. При наличии специальной машинки можно шлифовать бесконечной лентой из шкурки. Простые легкодоступные поверхности целесообразно шлифовать на соответствующем оборудовании.

Обработку следует производить аккуратно, перемещая инструмент от гребня к гребню и обеспечивая его равномерный прижим. Ни в коем случае не следует удалять металла больше, чем это необходимо: снимаются только гребни, дно впадин между ними должно сохраняться. Для контроля используйте, как упоминалось ранее, краситель.

Для шлифовки используется абразив зернистостью от 40 до 320 при черновой шлифовке и от 220 до 600 – при чистовой. Соблюдайте следующие общие правила:

- не допускайте разогрева поверхности, который может привести к изменению структуры металла;
- используйте только чистые абразивные камни с открытой структурой;
- обязательно используйте материалы с точными размерами зерен абразива, особенно при чистовой шлифовке;
- меняйте направление или угол шлифовки;
- при ручной шлифовке обеспечьте равномерное давление на инструмент;
- удалите риски от предыдущей шлифовки и поверхностный наклеп и только после этого переходите к более мелкому абразиву. В противном случае удаление рисков на последующих этапах будет невозможно!
- производите очистку поверхности детали и станка (или верстака) при каждой смене зернистости абразива, тщательно удаляя все предыдущие, более крупные зерна;
- не обрабатывайте сразу большие поверхности дисками.

Иногда вместо шлифовки или наряду с ней применяется опиловка напильниками и надфилями. Объем снимаемого материала и качество получаемой поверхности зависит от характера насечки стального надфиля или зернистости алмазного.

В результате грубой шлифовки или опиловки на поверхности могут оставаться риски и неровности, которые следует удалить более мелкой шкуркой или надфилями при чистовой шлифовке. Результатом шлифовки должно быть полное удаление следов

Наконец, поверхность тщательно очищается и проверяется на отсутствие грубых следов от фрезеровки и чеканки, задигов, царапин, волн и т.п. Устранив выявленные дефекты, или при их отсутствии приступают к доводке поверхности шлифовальными брусками.

О режимах обработки

Шлифовка, как всякий процесс резания, сопряжен с пластической деформацией поверхности и термическим воздействием на нее, величина которых зависит от режимов обработки. Тяжелые режимы шлифовки с большой глубиной врезания приводят к более толстому деформированному слою и могут вызывать “прижеги” поверхности (рис. 10.1). Подобное явление возникает при использовании высокоскоростного фрезерования твердосплавным инструментом с большой глубиной резания.

При доводочных работах абразивными брусками также может появиться небольшая пластическая деформация (рис. 10.2).

Пластическая деформация и локальное термическое воздействие на поверхность крайне негативно отражаются на ее однородности и вызывают дефекты при зеркальной полировке. Не допускайте “прижегов”. Последовательно на всех этапах шлифовки, доводки и полировки необходимо снижать усилие, прикладываемое к инструменту, что позволит в будущем избежать дефектов полировки.

Доводка абразивными брусками

Выбор начальной зернистости бруска определяется способом образования поверхности: механическая обработка, шлифовка или опилка. Механическая обработка оставляет обычно более грубую поверхность, чем шлифовка. В этом случае, сначала используют более грубые бруски, и лишь затем - более тонкие. Режимы “выхаживания” при электроэрозионной обработке позволяют начинать доводку с тонких брусков.

Прежде всего удаляют следы предыдущей обработки брусками зернистостью 180, 220 или 240. Если была выполнена качественная шлифовка и поверхность не имеет больших дефектов, то начинать можно бруском зернистостью 320. Брусок перемещают линейно возвратно-поступательно под углом 45° к направлению предшествующей обработки или предыдущего хода. Бруски предварительно вымачивают в полировальном масле, а в процессе работы часто и регулярно промывают в нем для удаления срезаемой стружки, которая может повлечь образование царапин. Кроме очистки масло улучшает условия резания.

Следует вспомнить, что брусок представляет собой зерна абразива, распределенные в связке. Природа связки при одинаковой зернистости существенно влияет на качество получаемой поверхности и стойкость бруска, поэтому при выборе его необходимо учитывать назначение.

Фактически, процесс полировки представляет собой многократную “смену царапин”, которые становятся все более тонкими. Начиная работу более мелким бруском, направьте его под углом к предыдущим следам, при этом на поверхности станут видимы все риски и

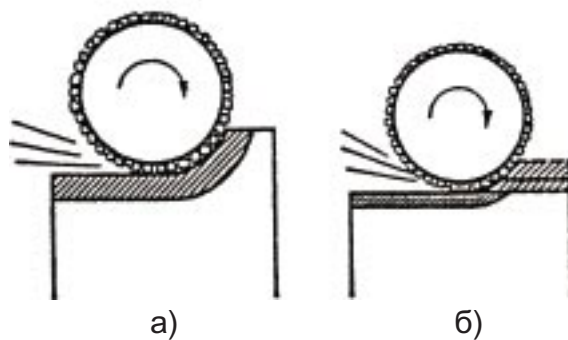


Рис. 10.1. Шлифовка

а - обдирочная шлифовка, большая деформация;
б - чистовая шлифовка, небольшая деформация

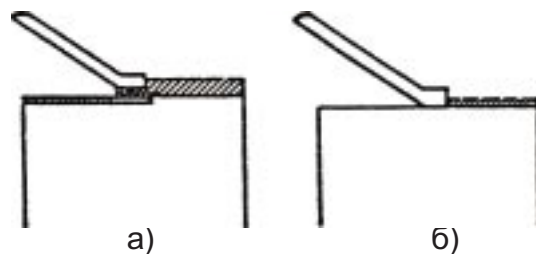


Рис. 10.2. Доводка и полировка

а - доводка, легкая деформация;
б - полировка, минимальная деформация

Завершение использования каждого зерна (например, 240) должно сопровождаться тщательной очисткой и промывкой всей рабочей зоны с протиркой ее чистой ветошью до полного удаления зерен абразива (в нашем примере – 240). Это необходимо для того, чтобы грубые зерна впоследствии не захватывались более тонким бруском и не вызывали образование глубоких рисок. По этой же причине промывку тонких брусков нельзя производить в масле, использованном на ранних стадиях полировки. По возможности для каждой зернистости используйте свежее масло, однако, возможно применение тщательно отфильтрованного отстоя промывочной жидкости, аккуратно слитого с осадка. Эти меры позволяют исключить контакт брусков с грубыми частицами от предыдущей обработки. Использованные бруски и масло можно хранить в одной емкости до следующей работы.

Некоторые указания по использованию брусков:

- Не применяйте слишком грубые бруски.
- Спрофилируйте брусок по форме обрабатываемой поверхности шлифовальным диском или грубой шкуркой.
- Тщательно очистите брусок после правки.
- Тщательно шлифуйте бруском каждой зернистости, не оставляя следов от предыдущей обработки.
- Обильно промывайте брусок, исключая его засаливание.
- Крепко держите брусок, контролируя направление и обеспечивая возможно меньшее давление, при котором еще только происходит обработка.
- При смене абразива обеспечьте полное удаление следов предыдущей зернистости и изменение направления обработки.
- Очищайте рабочую поверхность после каждой обработки.
- Бруски каждой зернистости держите в своем промывочном масле в отдельной посуде.
- Будьте максимально осторожны при шлифовке кромок и граней поверхности.

При необходимости произвести термическое упрочнение окончательно обработанных формообразующих деталей целесообразно предварительно произвести шлифовку и “вчерне” доводку рабочих поверхностей[3]. Некоторые изготовители доводят брусками зернистостью 240, другие – 320 или 400. Определяется это свойствами стали и способом термообработки (табл. 10.1[3]). В любом случае после термообработки потребуется доводка, поэтому смысла в достижении высокого качества при предварительной доводке нет.

Для предотвращения скругления кромок отверстий, все сверления на обрабатываемой поверхности должны быть скрыты. Для этого используют пробки из мягкой стали или старые выталкиватели, вставленные в отверстия.

Закалочная твердая корка с поверхности удаляется брусками зернистостью 240 или 320 (до 400) (если термообработка производилась не в вакуумной печи). Особенно важно удалить эту корку полностью, иначе, на отполированной поверхности проступят серые пятна и весь процесс доводки абразивными брусками придется начинать сначала.

10.1. Зернистость брусков для доводки перед термообработкой

Тип сплава по AISI	Способ термообработки			
	вакуумная	в чугунной крошке	в солевой ванне	в защитном газе
420 H13 S7 A2	400	180 ... 220 или грубее	180 или грубее	220 ... 400
D2	400	180 или грубее	60	220 ... 400

Дальнейший процесс ведут брусками зернистостью 500, 600, 900.

Большей частью, шлифовка заканчивается на зернистости 600 или 900. Деталь имеет мягкую матовую поверхность, пригодную для легкого съема пластмассовых изделий в процессе литья.

На такой поверхности может быть получен блеск при помощи абразивной шкурки зернистостью 500 или 600, которой удаляются мелкие регулярные следы, оставленные бруском. Следует отметить, что шкурка 500 дает более "тонкую" поверхность, чем брусок 600. Однако, форма поверхности накладывает ограничения на возможность такой обработки.

Другой метод – применение алмазной пасты с полировальными щетками и фетром, при этом на поверхности, со всеми присущими ей макро- и микродефектами, будет достигнут зеркальный блеск. Прежде, чем рассматривать особенности применения алмазных паст, предупредим о возможных ошибках и проблемах, возникающих при этом, а также путях их предотвращения и исправления.

Дефекты полировки и методы их устранения

Наиболее распространенный дефект – “апельсиновая кожа”. Поверхность при этом становится бугристой. Апельсиновая кожа возникает, как правило, при механизированной или очень длительной обработке и возникает вследствие неравномерной твердости полируемой поверхности. Во-первых, более мягкие участки при равных условиях обработки стираются быстрее твердых, а, во-вторых, на мягких участках под воздействием инструмента достигается предел текучести, происходит пластическая деформация и деталь не восстанавливает свою форму. Различие в твердости отдельных участков вызвано их разной структурой, что может явиться следствием, как неправильно выбранных режимов полировки, так и режимов термообработки, кроме того, неоднородная структура может быть следствием металлургического процесса.

Наиболее часто апельсиновая кожа появляется из-за перегрева и сильной цементации, возникающими при большом давлении на инструмент и длительном времени полировки. В этом случае говорят о переполировке. Твердый материал дольше противостоит давлению полировки. Поэтому для разных сталей переполировка начинается в разные моменты процесса.

Заметим, крайне редко апельсиновая кожа появляется на поверхностях доведенных и отполированных вручную, без применения механизированного инструмента! Чрезмерные скорости движения насадок и усилия нажима основная причина переполировки. Попытки выровнять поверхность увеличением нажима лишь усугубит проблему! Иногда может помочь уменьшение давления на инструмент, что обеспечит в основном обработку только твердых выступающих участков. Радикальной мерой при переполировке является повторение последней доводочной операции с использованием самого мелкого бруска и последующая полировка с меньшими усилиями и скоростями.

Другая причина – неоднородная твердость исходной заготовки, которая возникает при перегреве или чрезмерной цементации стали во время термообработки.

Закалка при большой температуре, приведет к увеличенному содержанию остаточного аустенита, который существенно мягче мартенсита и распределен в основной массе неравномерно. Обработка такой стали буквально “вырывает” мягкие участки поверхности и при рассмотрении в лупу на краях ямок видны небольшие “хвосты”. Перегрев может вызывать сегрегацию карбида на границах зерен, и это тоже дает изменение твердости.

Неравномерная или чрезмерная цементация, которая может возникать при высокой температуре, вызывает неравномерную твердость. Следует иметь ввиду, что при этом большинство ямок “хвостов” иметь не будут. Эту ошибку нужно распространить на границы зерен цементита и остаточный аустенит. В особенно неблагоприятных случаях карбиды или их части, отколовшиеся при полировке, могут оставлять на поверхности раковины.

Наконец, неоднородной по структуре может быть исходная сталь, что особенно актуально при использовании отечественных сталей (по крайней мере, на сегодняшний день). Как правило такая неоднородность приводит к образованию каверн. Наиболее опасны в стальных заготовках включения шлака. При полировке основной материал уносится быстрее, чем шлаковые включения. Постепенно частица шлака подтачивается и при дальнейшей полировке она вырывается из стали. Так образуются каверны.

Эта проблема возникает при использовании тонких (менее 10 мкм) паст с мягкими полировальными притирами типа войлочных головок.

Для предотвращения образования каверн рекомендуется использовать чистые стали без шлаковых включений, например, стали прошедшие ЭШП или вакуумную дегазацию.

При обнаружении "оспин" в процессе полировки можно попробовать заново тщательно довести поверхность брусками по режиму предпоследнего этапа, который проходил перед полировкой, используя мягкий, свободно удерживаемый брусок. Затем повторить последний этап доводки и провести все этапы полировки, при этом:

- для паст зернистостью 10 мкм и менее избегайте мягких полировальных притиров;
- полировать, как можно быстрее и с возможно меньшим давлением на инструмент;
- не использовать машинную полировку корундовыми пастами.

11. Алмазная полировка

Алмазная полировка – завершающий этап финишной обработки. Подчеркнем еще раз: на этом этапе невозможно устранить глубокие царапины, риски и иные дефекты. Все это должно быть “выведено” на этапе доводки, рассмотренном выше.

Полировка начинается при шероховатости поверхности Ra 0,1 - 0,5 мкм и оканчивается при достижении Ra 0,001 - 0,01 мкм. В процессе используется абразив с размером зерен 15 - 1 мкм и менее. Как отмечалось, эффективность обычных абразивов при столь малой зернистости невелика, поэтому применяются пасты из искусственных или натуральных алмазов.

Существенное отличие полировки от доводки состоит в том, что при доводке используется абразивный инструмент, а при полировке – притиры, не имеющие собственных абразивных свойств. Режущим элементом служат зерна абразива, расположенные между обрабатываемой поверхностью и притиром.

Притиры и пасты

Притиры различаются твердостью и материалом, например, чугун, медь, латунь, твердый свинец, пластмасса, дерево или волокнистые материалы (картон, фетр, вата). На первом этапе полировки могут использоваться металлические щетки. Основное требование к притирам – приспособляемость к обрабатываемой поверхности и способность впитывать или удерживать полировальную пасту. В противном случае притир с шлифовальным материалом засоряется ("засаливается") и процесс уноса приходит в беспорядок.

Твердые притиры должны быть спрофилированы по конфигурации поверхности. Притир должен быть мягче обрабатываемой детали. В зависимости от твердости притира, алмазные зерна выступают из него на разную высоту. Считается, что на твердых притирах выступание алмазных тел составляет 70%, на средних по твердости притирах – 50% и на мягких – 30%.

Общее правило: тверже притир и грубее зерно – больше съем материала. Тонкие пасты (1 мкм и менее) применяют с ватным тампоном на заключительной стадии для получения зеркального блеска.

Существует большое число сортов алмазных паст, отличающихся размером зерен и свойствами основы (см. выше). Вместе с тем, некоторые полировщики приготавливают собственные композиции из отсеянного алмазного порошка и разных масел: оливкового, хлопкового, кокосового, машинного, сала или их смесей. Однако рекомендуется применять высококонцентрированные пасты, суспензии и аэрозоли промышленного изготовления, изготовленные с учетом опыта последних лет.

Некоторые советы и рекомендации

Прежде, чем показать основы алмазной полировки следует сказать об организации рабочего места и общем порядке работ.

- Абсолютная чистота в помещении полировки. Желательно выделить отдельное, изолированное от зоны шлифовки помещение.
- Отсутствие сквозняка и потоков воздуха на рабочем месте.
- Притиры должны использоваться только с пастой одной зернистости.
- Притиры постепенно пропитываются полировальным составом: это улучшает их эффективность.
- Наносят минимальное количество пасты, которую по мере необходимости добавляют.
- Не следует смешивать сорта паст.
- При загустевании состава добавляйте свежую порцию пасты или разбавитель. Используя войлок, разбавители не применяют.
- При смене паст тщательно очищают руки и полируемое изделие от предыдущего состава.

- полировку и вернуться к доводке используя более тонкий брусок.
- Деревянные и фетровые притиры формировать только ножом или чистым надфилем. Не применяйте абразивные материалы! Зерна абразива врежутся в поверхность притира и оставят царапины при полировке.
- Полировка должна всегда начинаться в углах, радиусах, галтелях и т.п. При возможных неудачах в этих местах потери труда будут сведены к минимуму.
- Для уменьшения "завала" кромок осторожно используют хорошие твердые притиры.
- Чем тоньше используемая паста, тем меньше потребность в разбавителе.
- Давление на притир должно согласовываться с его твердостью и зернистостью пасты. На последней технологической операции давление на притир должен создавать только его вес.
- Последняя технологическая операция должна всегда происходить в направлении остающихся следов.

Порядок полировки

Теперь после вступительных замечаний пора рассмотреть порядок полировки. Прежде всего осмотрите еще раз деталь: ровная, матовая поверхность без видимых отдельных рисок свидетельствует о том, что можно начинать полировку. Выбор технологических операций по существу зависит от опыта, оборудования и имеющихся обрабатываемых материалов, кроме того существуют "ноу-хау", которые передаются от мастера к мастеру и не описываются в литературе. В конечном итоге все сводится к выбору притира и зернистости алмазной пасты.

Возможны разные подходы[8]: первый из них заключается в изначальном выборе пасты средней зернистости и твердого притира, второй – грубой пасты и притира средней твердости. Рекомендуются комбинация этих методов:

- твердый притир и относительно грубая паста;
- мягкий притир и та же паста;
- притир средней твердости и паста средней зернистости;
- мягкий притир и та же паста;
- наконец, мягкий притир и тонкая паста.

Теперь рассмотрим приемы ручной и механизированной полировки.

Ручная полировка

Выбирают притир желаемой твердости и алмазную пасту.

Сначала пасту без разбавления наносят на притир и начинают обработку. По мере загустевания добавляют разбавитель и полировку продолжают до полного удаления рисок и волн от предыдущей шлифовки.

Тщательно очищают изделие, руки и притир. Продолжают полировку с прежним притиром более тонкой пастой или более мягким притиром прежней пастой. Полировку ведут под углом приблизительно 45° к предшествующему направлению. Это позволяет лучше определить конец предыдущего слоя обработки.

Затем выбирают новый притир и другую пасту и проводят обработку в другом направлении.

Эти процессы повторяют до получения желаемого результата.

Механизированная полировка

В большинстве случаев при полировке используются электродвигатели. Они соединены с инструментальным наконечником напрямую или при помощи гибкого вала. Целесообразно преобразовать вращательное движение в поступательное (см. опиловочный инструмент). Скорость вращения при использовании грубой пасты 500 об/мин (максимум 1000 об/мин). При работе с тонкими пастами частоту вращения увеличивают до 4000 ... 10000 об/мин. При полировке вращающимися инструментами необходимо соблюдать особую осторожность, чтобы избежать образования рельефа на

распределите по ней притиром, движущимися поступательно или вращательно. Эффективно [3] использовать щетку из щетины или металлической проволоки.

Во избежание глубоких рисков, держите притир по возможности положе к поверхности, при легком и среднем давлении на него. Это должно также учитываться при изменении направления движения. Удаленный металл, попадая в пасту, вызывает ее потемнение, свидетельствуя, что они смешиваются. Полировка должна продолжаться до тех пор, пока не исчезнут следы предыдущей обработки. Если этого достичь не удастся, возвращаются к более грубой пасте и удаляют их. Для устранения следов от латунной щетки используется паста той же зернистости, но с мягкой (нейлоновой) щеткой.

Удаление следов вращения обычно производится фетровым притиром, который пригоден для стали различной твердости. Полируют с легким и средним нажимом до тех пор, пока не останутся только следы от войлочного притира.

Переходя на более тонкую пасту, тщательно очистите обрабатываемую поверхность. Это производится обычно очищающей бумагой (салфетками) или ватой с очищенным маслом или спиртом. Щетки, фетр, доводочные и полировальные притиры не должны использоваться со следующими более тонкими пастами.

Рассмотренные этапы ведут с пастами зернистостью более 6 мкм. В случае, если к изделию не предъявляется особо высоких требований по точности, то этот процесс продолжают с алмазной пастой 3 мкм.

В случае необходимости выдержать точные размеры изделия, вводится специальная технологическая операция. Полируемая поверхность пресс-формы обрабатывается плоским латунным притиром квадратного, круглого или треугольного сечения с алмазной пастой зернистостью 3 мкм. Как правило, эта операция выполняется с использованием ручного привода поступательного, осциллирующего движения или ультразвуковой полировальной установки. Затем еще раз поверхность полируется войлоком с пастой 3 мкм.

Последний шаг полировки – чисто ручная работа. Окончательную полировку со сверхтонкой пастой (1 мкм и менее) проводят кругообразными движениями, используя в качестве притира мягкую бумагу, ткань, фетр, наконец, вату.

Примеры последовательности обработки

Ниже рассмотрены несколько последовательностей выполнения доводки и полировки, которые могут быть использованы для получения качественной поверхности.

Последовательность 1 содержит наибольшее число шагов и является наиболее подходящей для начинающих полировщиков. Последовательности 2, 3 и 4 - варианты, применяемые опытными полировщиками.

Последовательность 1.

полировальный брусок зернистостью 220;
полировальный брусок зернистостью 320;
полировальный брусок зернистостью 500;
полировальный брусок зернистостью 800;
алмазная паста 15 мкм;
алмазная паста 6 мкм;
алмазная паста 3 мкм;
алмазная паста 1 мкм (вручную).

Последовательность 2.

полировальный брусок зернистостью 220;
полировальный брусок зернистостью 320;
полировальный брусок зернистостью 500;
полировальный брусок зернистостью 800;
алмазная паста 15 мкм;
алмазная паста 6 мкм;

Последовательность 3.

полировальный брусок зернистостью 180;
полировальный брусок зернистостью 240;
алмазная паста 45 мкм;
алмазная паста 15 мкм;
алмазная паста 6 мкм;
алмазная паста 3 мкм;
алмазная паста 1 мкм (вручную).

Последовательность 4.

полировальный брусок зернистостью 220;
полировальный брусок зернистостью 320;
полировальный брусок зернистостью 600;
алмазная паста 15 мкм;
алмазная паста 6 мкм;
алмазная паста 3 мкм;
алмазная паста 1 мкм (вручную).

12. Полировка цветных металлов

В настоящее время для изготовления пресс-форм все шире используются цветные металлы и сплавы. Это теплопроводящие элементы из медно-никелевых и медно-бериллиевых сплавов в стальных формах, а также пресс-формы из алюминиевых сплавов.

Порядок полировки цветных металлов тот же, что и сталей[1]: сначала выполняется доводка поверхности при помощи брусков, а затем производится полировка алмазными пастами. Финишная обработка алюминиевого сплава производится в несколько (3-4) раз быстрее, чем закаленной стали. Как правило, при тщательном выполнении всех этапов обработки проблем с полировкой не возникает, однако следует учитывать некоторые положения:

- не используйте шлифовальные насадки, которым работали по другим металлам (стали);
- применяйте только свежее или отфильтрованное масло;
- линейная скорость рабочей периферии инструмента обычно составляет 30 м/с;
- используйте абразивные материалы, рассчитанные для обработки соответствующих сплавов.

Вместе с тем, полировка алюминия – мягкого, вязкого материала – сопряжена со значительными трудностями [1,3]: он забивает бруски, шкурка оставляет царапины, обработка щетками и полировка может легко исказить поверхность. Рассмотрим их подробнее.

Проблемы полировки алюминия

Наиболее распространенная проблема – образование царапин. Причиной этому служат три фактора:

- неправильный выбор абразива;
- слишком сильный нажим на инструмент;
- слишком длинные ходы при обработке брусками.

При доводке поверхности брусками легко срезается мелкая порошкообразная стружка, которая “засаливает” брусок. Дальнейшая работа таким бруском приводит к вырывам алюминия. Применение брусков, специально предназначенных для обработки цветных металлов, смоченных уайт-спиритом в качестве смазки, позволит избежать этого. Возможно использование вместо брусков наждачной шкурки соответствующей зернистости, натянутой на оправку. По мере необходимости шкурка заменяется на свежую. В любом случае не следует делать длинных ходов: опилки, захваченные бруском или шкуркой, оставят глубокие следы в детали. Независимо от типа используемого бруска не следует делать ходы длиннее 50 - 70 мм.

Доводка брусками

Качественная алмазная полировка возможна только в том случае, если поверхность образована мелкими рисками, оставленными бруском. Начальный этап доводки можно делать, например, бруском зернистостью 320 с достаточно сильным нажимом (не допускать засаливания!) до удаления следов от механообработки. Затем, после обработки всей поверхности, используют тот же брусок 320, но с меньшим нажимом до удаления предыдущих рисков.

Затем возьмите брусок зернистостью от 400 до 600. Подберите такое усилие прижима, при котором брусок не режет глубже имеющихся рисков. После обработки всей поверхности уменьшите давление на брусок до величины, при которой он только касается детали. Маленькими областями “промассируйте” всю поверхность до удаления рисков от предыдущей обработки. Не допускайте возникновения глубоких царапин.

Работа брусками не легка. Для освоения техники доводки требуется длительная практика, которую лучше всего проходить на малых участках.

Алмазная полировка

Убедившись, что доводка произведена полностью и отсутствуют глубокие риски,

15мкм, то это означает, что доводка проведена не до конца и Вам предстоит еще осваивать искусство обработки алюминия.

От длины щетины щетки зависит характер обработки. Короткая щетина и гладкая поверхность детали способствуют увеличенному съему металла и могут стать причиной образования неустранимых зазоров и волнистой поверхности. Экспериментируя с различными щетками найдите оптимальные условия.

В качестве СОЖ используют денатурированный этиловый спирт. Уайт-спирит способствует большому съему металла, поверхность, полученная в этом случае, будет волнистой. Будьте осторожны: плоскость создается только брусками, щетки разрушают плоскость! При необходимости полировки углов и боковин используйте с опилочными устройствами профилированные деревянные притиры. После завершения обработки щеткой переходят к полировальному кругу.

Финишная полировка

После обработки щетками следует освидетельствовать полученную поверхность на отсутствие царапин и следов от щетки (неровностей) глубиной более 5 мкм. Начиная операцию, обильно смочите полировальный круг денатурированным этиловым спиртом, нанесите на деталь алмазную пасту зернистостью 3 мкм и полируйте с легким нажимом.

Алмазной пастой лучше полностью пропитать круг до операции с тем, чтобы обеспечить наиболее равномерную обработку. Прижим круга должен обеспечить контакт только зерен абразива, а не материала круга. Обработку продолжайте до полного удаления следов щетки и получения зеркальной поверхности.

Ручная отделка

Необязательная операция, которая проводится, если качество поверхности все еще не устраивает. Возьмите тканевую полировальную салфетку и сверните ее в 6 – 12 слоев. Пропитайте салфетку тонкой алмазной пастой и увлажните денатурированным этиловым спиртом. Притрите полученный инструмент на полировальном круге до равномерного распределения пасты. Легкими, короткими (50-70 мм) ходами полируйте поверхность не допуская образования царапин. При загрязнении салфетки стирайте ее уайт-спиритом и повторите все заново. Будьте внимательны и аккуратны: одно неосторожное движение и все придется начинать сначала!

13. Литература

1. Diamond Polishing Aluminum. By Victor Krottner. MoldMaking Technology Magazine.
2. Hiding Weld Marks In Diamond Polished Surfaces. Polishing pointers: By Victor Krottner. MoldMaking Technology Magazine.
3. Mold Finishing & Polishing Manual. L. Becker, S. Crawford. U.S.A., 1999.
4. Polished Vs. Over-Polished and Time Saved vs. Time Wasted. By Victor Krottner. MoldMaking Technology Magazine.
5. Polishing Pointers Saving Time On Ribs. By Victor Krottner. MoldMaking Technology Magazine.
6. Normalien für den Formenbau. Ausgabe 1998. EOC Normalien. Deutschland.
7. Oberflächentechnik, Maschinen und Bearbeitungswerzeuge. Ausgabe 1998. EOC Normalien. Deutschland.
8. Polieren von Werkzeugoberflächen. EOC Normalien. Deutschland.
9. Международный транслятор современных сталей и сплавов: Россия, США, Европейские страны, Япония. Под ред. проф. В.С.Кершенбаума. Серия: "Международная Инженерная Энциклопедия". Том I. М., 1992.
10. Политехнический словарь. Гл. Ред. И.И.Артоболевский. М., "Советская энциклопедия", 1977. 608с. с илл.
11. Справочник советских и зарубежных марок стали. Инструментальные стали. Ч.II. СССР, Москва, v/o "PROMSYRIOIMPORT".
12. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т. 2/Под ред. А.Г.Косиловой и Р.К.Мещерякова. - 4-е изд., перераб. и доп.- М.: Машиностроение, 1985, 496 с., Ил.