



Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «**Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)**» (МГТУ им. Н.Э. Баумана)

Методические указания

Т.Ю. Комкова

Методические указания по дисциплине «Материаловедение» «Материалы в промышленном дизайне. Полиуретан»

**Москва
МГТУ им. Н.Э. Баумана
2017г.**

Введение.

Материаловедение входит в базовый цикл профессиональных дисциплин программы подготовки специалистов по специальности «Промышленный дизайн».

Цель дисциплины «Материаловедение» – познание природы и свойств материалов, а также методов их обработки для наиболее эффективного применения в профессиональной деятельности.

Материаловедение – это наука, изучающая:

- материалы, применяемые в технике;
- объективные закономерности зависимости их свойств от химического состава, структуры, способов обработки и условий эксплуатации.

Знание «**Материаловедения**» является основой при подготовке любого специалиста, в том числе и специалиста по промышленному дизайну.

В настоящее время для специалиста по промышленному дизайну открывается огромное множество возможностей для творчества, создания новых образцов и прототипов.

У вас возникла «супер идея» по созданию какого-то проекта. Это может быть все, что угодно: туристический космический корабль, аэропорт будущего, терминал для оплаты, супер авто, автобусная станция, лифт, няня – робот и т.д. Первоначально этот проект существует только в вашей голове, потом вы это воплощаете на бумаге или в компьютерной программе. Сначала вы создали концепт. Но ведь вы хотите, чтобы ваше детище получило дальнейшее развитие. Чтобы оно было изготовлено, а в идеале попало в серийное производство.

Вот тут- то Вас и подстерегают первые сложности.

А из чего будет изготовлено ваше «ЧУДО» ?

Вам хочется, чтобы оно было стеклянным? А всегда ли это возможно?

В любом ли случае мы можем позволить себе использовать те материалы, которые нам нравятся?

Вот здесь Вам на помощь и приходит МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ.

Для создания того или иного предмета или вида оборудования необходимо выбрать материал из которого все это будет изготовлено. Выбор этот должен быть грамотным и обоснованным. Поэтому современный специалист в области промышленного дизайна должен очень хорошо разбираться в существующих материалах, их свойствах и основных характеристиках. Он должен уметь из огромной палитры материалов безошибочно выбрать наиболее оптимальный.

Нам необходимо знать основные группы современных материалов, их свойства и области применения и уметь правильно выбрать материал для своего проекта.

- Как же выбрать наиболее подходящий материал?
- Какими критериями необходимо руководствоваться при выборе

материала?

На эти и многие другие вопросы мы постараемся ответить.

1. Материалы, применяемые в промышленном дизайне.

Традиционно материаловедение делится на 2 части - металловедение и неметаллические материалы. Первая часть достаточно подробно освещается во многих литературных источниках, написана масса великолепных учебников, чего нельзя сказать про вторую часть.

Понятие неметаллические материалы включает большой ассортимент материалов таких как:

- Полиуретаны
- Композиты
- Пластические массы
- Каучук, Резины
- Клеи
- Лакокрасочные покрытия
- Древесина
- Стекла,
- Керамика и многое другое.

Неметаллические материалы, благодаря их свойствам, с каждым днем находят все большее применение. Их используют как самостоятельные, зачастую просто незаменимые материалы. Их применение обеспечивает значительную экономическую эффективность. Неметаллические материалы в той или иной степени обладают следующими свойствами:

- высокой механической прочностью,
- легкостью,
- термической и химической стойкостью,
- высокими электроизоляционными характеристиками,
- оптической прозрачностью,
- высокой технологичностью.

В данном учебно-методическом пособии мы постараемся рассмотреть многие неметаллические материалы. Начнем знакомство с рассмотрением такого материала, как полиуретан.

2. Полиуретан.

2.1.1. Характеристика материала.

Полиуретан - это уникальный синтетический полимерный материал. Впервые Байер Отто Георг Вильгельм с сотрудниками получил полиуретаны и наладил их промышленное производство в 1937 году. Промышленное производство пенополиуретанов на основе сложных полиэфиров было

организовано в Германии в 1944 году, а их аналогов на основе более дешевых простых полиэфиров - в США в 1957 году.

Полиуретаны — гетероцепные полимеры, макромолекула которых содержит незамещённую и/или замещённую уретановую группу, алкилы, арил или ацил. В макромолекулах полиуретанов также могут содержаться простые и сложноэфирные функциональные группы, мочевиная, амидная группы и некоторые другие функциональные группы, определяющие комплекс свойств этих полимеров.

"Материал с неограниченными возможностями" состоит главным образом из двух типов сырья, изоцианата и полиола, которые получают из сырой нефти. При смешивании двух готовых к переработке жидких компонентов системы, которые содержат различные вспомогательные средства (катализаторы, вспениватель, стабилизаторы и т.д.), образуется реакционно-способная смесь.

В зависимости от рецептуры и соотношения компонентов, при соответствующей технологии можно отрегулировать спектр свойств образующегося полиуретана - мы можем получить жесткий, мягкий, интегральный, ячеистый (вспененный) или монолитный.

Полиуретаны могут быть вязкими жидкостями или твёрдыми продуктами - от высокоэластичных мягких резин до жёстких пластиков и перерабатываются практически всеми существующими технологическими методами: экструзией, прессованием, литьем, заливкой.

Таким образом, из четырех "гигантов" современной крупнотоннажной индустрии пластических масс - полиэтилена, поливинилхлорида, полистирола и полиуретана - последний является, безусловно, наиболее универсальным материалом.

Благодаря своим отличным эксплуатационным свойствам полиуретан используется как конструкционный материал во многих отраслях промышленности. На мировом рынке существует множество марок полиуретанов: адипрены, вулколланы, вулкопрены. Отечественные марки, полученные на основе отечественных полиэфиров не уступают, а по некоторым характеристикам превосходят импортные аналоги. Уретановые эластомеры можно получать с широким диапазоном свойств.

В условиях постоянной динамической нагрузки верхним пределом температуры эксплуатации следует считать +100 °С. Низкие температуры не изменяют сильно свойства полиуретановых эластомеров. Изменения эластичности и твердости возникшие при температурах не ниже минус 18 °С носят обратимый характер. Хрупкость начинает появляться при температурах ниже минус 60, минус 80 °С. Таким образом, рабочие температуры полиуретановых изделий лежат в диапазоне от минус 70 до 100 °С, эластичность при этом практически не меняется. Допускается периодическое повышение температуры до +110, +140 °С. Проведенные опыты показали, что полиуретаны очень водостойки. При повышении температуры физико-механические показатели уретанов практически не снижаются. С целью

улучшения физико-механических свойств при изготовлении уретанов могут быть использованы рецептурные добавки и наполнители.

Уретановые эластомеры обладают высокими диэлектрическими свойствами. Испытания показали, что при напряжении в 20000 В на образце толщиной в 2 мм наблюдалась "корона" (пробоя образца не наблюдалось).

Эластомеры имеют отличную стойкость к маслам и растворителям и подходят для работы со смазочными маслами, нефтью и ее производными, не имеют озонового старения, имеют высокую стойкость к микроорганизмам и плесени. Однако, опытная эксплуатация показала, что уретановые эластомеры имеют разную химическую стойкость по отношению к различным химическим реагентам. Очень быстро они разрушаются при воздействии ацетонов, азотной кислоты, соединений, содержащих большой процент хлора (соляная кислота, жидкий хлор), формальдегида, муравьиной и фосфорной кислоты, скипидара, толуола.

Наиболее распространенным типом полиуретанов в настоящее время являются литьевые полиуретаны, имеющие по отношению к другим видам, более высокие физико-механические характеристики и твердость по Шору А 85 - 90 единиц. Литьевые полиуретаны чаще применяют для изготовления деталей внутривозовского транспорта, различных валов, шестерен, вибростойких деталей, отбойных молотков и других изделий для машиностроения, горнодобывающей, авиационной, автомобильной, нефтегазодобывающей, строительной, полиграфической и других отраслей промышленности. Уретановые эластомеры, как конструкционные материалы, не просто заменяют металлы, а превосходят их по эксплуатационным свойствам в силу уникального сочетания физико-механических характеристик. Особый интерес представляет применение литьевых полиуретанов в производстве вибростойких деталей (например, устройство амортизации установок погружного электроцентробежного насоса, протектора центратора подвески НКТ), а так же в уплотнительной технике и кузнечно-штамповом производстве.

Для улучшения физико-механических характеристик эластомеры армируют различными тканями - бронежилетной типа "Кевлар", сетками и другими. Полиуретан с успехом заменяет резину различных марок (а в некоторых случаях и металлы), благодаря таким свойствам как: износостойкость, кислотостойкость, маслбензостойкость, высокие диэлектрические свойства, а также возможность работы при высоких давлениях (до 750 атм.) в широком температурном диапазоне (от -60 до 140 °С). При специальной обработке полиуретан имеет прочные связи с металлом.

Измерение твердости полиуретановых изделий производится в условиях близких к условиям эксплуатации данных изделий. Например, если втулки полиуретановые или полиуретан листовой эксплуатируется в условиях низких температур, соответственно измерение твердости должно проводиться при такой же температуре. Температура, при которой у полиуретановых изделий проявляются максимальные физико-механические свойства, и есть температура реальной работы данного изделия. Твердость измеряется специальным прибором. С его помощью можно измерить твердость любого

изделия из полиуретана, будь это полиуретановые колеса или полиуретановые стержни, полиуретан листовой, восстановленный полиуретановый контактный слой роликов и колес, демпфер из полиуретана. Твердость покрытия может быть в диапазоне от 30 ед. по Шкале Шора А до 98 ед. по шкале Шора А (Рис. 1).



Рис. 1. Шкала твердости поверхности изделий из полиуретана.

Благодаря широкому диапазону своих прочностных характеристик, полиуретан стал применяться при изготовлении различных изделий. Однако, использование полиуретанов значительно ограничено температурным диапазоном применения (-60°C .. $+80^{\circ}\text{C}$). В Таблице 2 представлены основные технические характеристики полиуретана марки СКУ-7Л (ЭЛАСТ 101).

Таблица 2.

Основные технические характеристики полиуретана СКУ-7Л (ЭЛАСТ 101).

Наименование показателя	Ед. изм.	Значение
Прочность при разрыве, не менее	МПа	30
Относительное удлинение, не менее	%	370
Остаточное удлинение после	%	4

разрыва		
Твердость по Шору А	ед.	76-86
Сопротивление раздиру, не менее	Н/мм	30
Износостойкость	мм	40
Маслобензостойкость	-	высокая
Температура эксплуатации	град.С	-30 +80
Водостойкость	-	удовл.

2.1.2. Транспортировка и хранение полиуретана.

Транспортировка полиуретана осуществляется железнодорожным и автотранспортом. Характеризуется стойкостью к химическому воздействию, хранение полиуретана не связано с его изоляцией. Температурный режим хранения неограничен. Материал не стоек к облучению ультрафиолетом, при транспортировке открытым способом должен быть упакован. Хранение производится в закрытых помещениях.

2.1.3. Область применения полиуретана.

Полиуретаны относятся к синтетическим эластомерам и благодаря широкому диапазону прочностных характеристик нашли широкое применение в промышленности: для изготовления самых разнообразных уплотнений, эластичных форм для изготовления декоративных камней, защитных покрытий, лакокрасочных изделий, клеев, герметиков, деталей маломощных машин (валов, роликов, пружин и т. п.), изоляторов, имплантатов и прочих изделий. Изделия и конструкции на основе полиуретанов используют во всех без исключения отраслях промышленности. Вот далеко не полный перечень возможных областей применения полиуретана:

- тепло и хладоизоляция промышленных, бытовых, торговых холодильников, транспортных рефрижераторов, складов-хранилищ,
- изготовление изотермических и морозильных автофургонов и камер,
- теплоизоляция трубопроводов, железобетонных и кирпичных сооружений, резервуаров,
- изготовление озонобезопасных теплоизоляционных плит, скорлуп;

- изготовление систем "труба в трубе" - полиуретан заливается в пространство между трубой и тепло-гидрозащитной оболочкой (потери тепла в такой конструкции в 3-4 раза ниже нормативных, а срок ее службы для систем горячего водоснабжения - не менее 25-30 лет);
- утепление и гидроизоляция кровель и фасадов зданий, стен, полов, крыш, подвалов, потолков, мансард, жилых и производственных помещений, саун, бань, наружной и внутренней теплоизоляции оконных и дверных проемов, герметизации межпанельных швов и т.д.,
- изготовление "сэндвич" - конструкций с использованием обкладочных материалов, в том числе декоративных, теплоизоляционных негорючих блоков различного назначения;
- изготовление деталей радиоэлектронной промышленности,
- красочных валиков в полиграфической промышленности,
- прокладок, уплотняющих материалов и обувных подошв,
- производство деталей и узлов машин, подвергающихся большим динамическим нагрузкам, вибрации, воздействию химически агрессивных сред, эрозионному воздействию твердых частиц в газовых потоках или жидкой пульпе, а также комплексному воздействию указанных факторов;
- изготовление покрытий лопастей вертолетов, приводных ремней в стиральных машинах,
- конвейерных ленты и рукавов,
- подшипников скольжения рулевого механизма,
- элементов передней подвески,
- вкладышей рулевых тяг,
- самосмазывающихся уплотнений,
- топливно-стойких клапанов, маслостойких деталей, рычагов переключения передач;
- производство шовных нитей и протезов сердечно-сосудистой системы,
- сорбентов для выделения и концентрирования различных соединений из воздуха, природных и сточных вод, носителей для иммобилизации ферментов и органических реагентов, твердых полимерных матриц в сорбционно-спектроскопических методах анализа;
- разработка экономичных, экологически чистых и высококачественных лакокрасочных материалов, мебельных клеев-расплавов.

Таким образом, полиуретан имеет огромный диапазон применения, что характеризует его именно как универсальный, многопрофильный материал с огромным потенциалом и далеко идущими перспективами использования. Ниже на Рис.2-8 представлены иллюстрации применения полиуретана.



Рис. 2 Различные втулки, шестеренки, кольца и трубки.



Рис. 3 Двухкомпонентный жидкий полиуретан для производства форм.



Рис.4 Матрасы.



Рис.5 Плинтуса, лепнина, предметы интерьера.



Рис.6 Чехлы под технику.



Рис.7 Обувь и перчатки из полиуретана.



Рис. 8 Женский жакет из 100% полиуретана.



Рис. Аэродинамический обвес 100% полиуретан.

2.2. Обработка изделий из полиуретана.

После изготовления изделия из полиуретана необходимо произвести окончательную обработку его поверхностей. Это возможно следующими способами механической обработки:

- сверление,
- токарная обработка,
- фрезерование,
- вырубка,
- шлифование.

Методы механической обработки поверхностей можно разделить на следующие группы в зависимости от качества обрабатываемой поверхности:

- черновые: вырубка, сверление, черновое точение и фрезерование,
- получистовые: зенкерование, получистовое точение и фрезерование,
- чистовые: чистовое точение, фрезерование, растачивание
- финишные: шлифование и полирование.
-

Механическую обработку поверхностей изделия из полиуретана необходимо производить не ранее, чем через 2 часа с момента изготовления заготовки.

Обработка поверхностей изделия из полиуретана производится на станках с ЧПУ соответствующей группы, а при условии наличия у него нескольких обрабатываемых поверхностей возможно применение многоцелевого обрабатываемого центра.

При механической обработке поверхностей изделия из полиуретана необходимо постоянно контролировать остроту инструмента для обработки, т.к. при обработке недостаточно острым инструментом происходит кратковременный нагрев обрабатываемой поверхности, что негативно влияет на эксплуатационные свойства конечного изделия. У инструментов, применяемых для механической обработки изделия из полиуретана режущие кромки должны быть более пологие. Это помогает уменьшить усилие резания и снижает

выделение тепла в процессе обработки.

При механической обработке полиуретана необходимо остерегаться сильного разогрева обрабатываемой поверхности. Для этого обрабатываемую поверхность необходимо непрерывно охлаждать сжатым воздухом. Удаление стружки, образующейся при механической обработке полиуретана, также необходимо производить сжатым воздухом. В связи с этим, рабочее место должно быть оборудовано магистралью для подачи сжатого воздуха.

Рассмотрим основные методы и схемы механической обработки заготовок из полиуретана.

2.2.1. Сверление. Этот метод механической обработки используется для обработки отверстий в изделие и производится на вертикально – сверлильных, фрезерно - сверлильных или токарных станках. Необходимо учитывать, что при сверлении диаметр готового отверстия получается меньше номинального диаметра сверла. Для достижения более точных размеров отверстий необходимо использовать кольцевые сверла (Рис.5). Окружная скорость инструмента при сверлении отверстий в дном случае выбирается в пределах от 45 до 150 м/мин., подача инструмента - от 0,05 до 0,10 мм/оборот. В процессе сверления материал необходимо хорошо охлаждать сжатым воздухом, а сверло часто извлекать из отверстия.

На Рис. 2 приведены схемы операций сверления и рассверливания отверстий в изделие из полиуретана на вертикально – сверлильном станке.

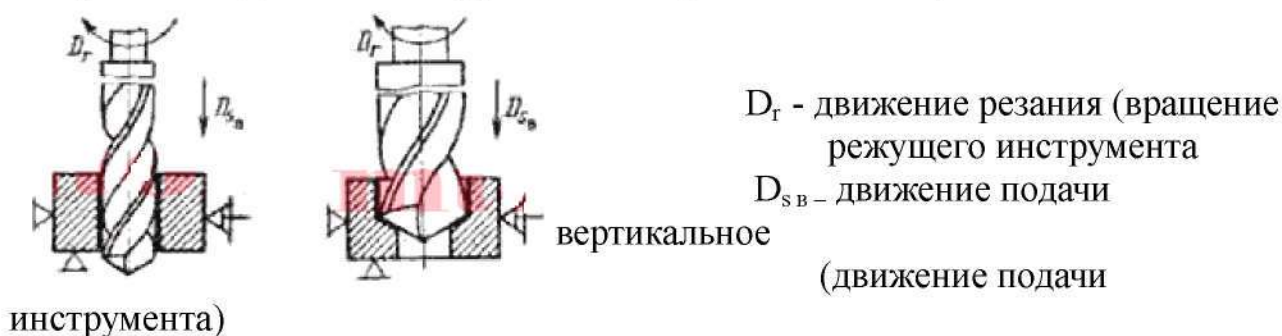


Рис. 2 . Операция - сверление и рассверливание.

На Рис. 3 приведена схема операции сверления отверстия в изделие из полиуретана на токарном станке.

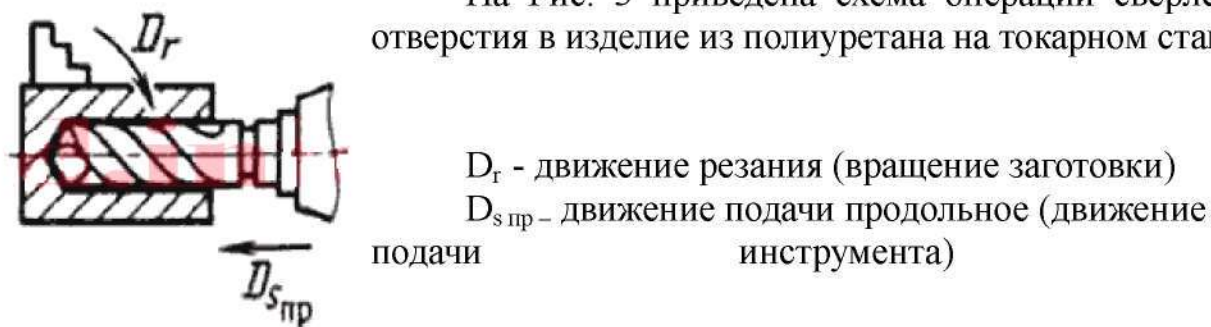


Рис.3. Токарно - сверлильная операция

На Рис. 4 приведена схема операции зенкерования отверстия в изделие из полиуретана на вертикально – сверлильном станке. Операция зенкерования применяется для повышения качества обрабатываемой поверхности и придания правильной формы.

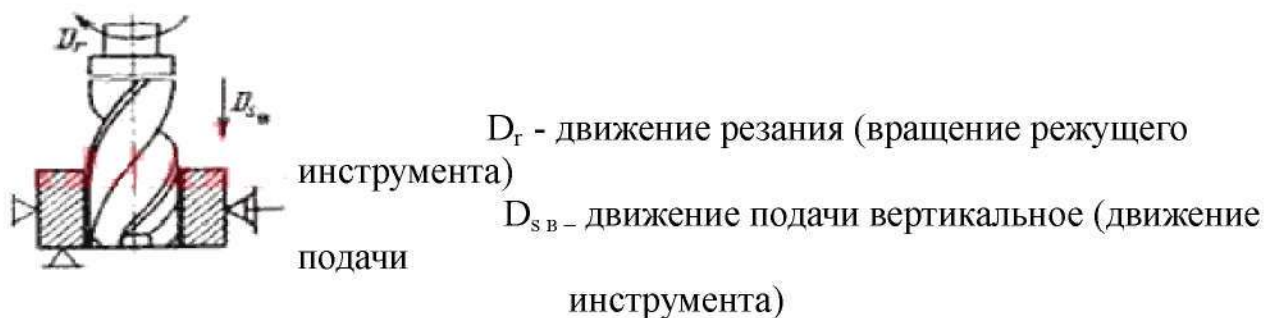


Рис. 4. Операция зенкерования

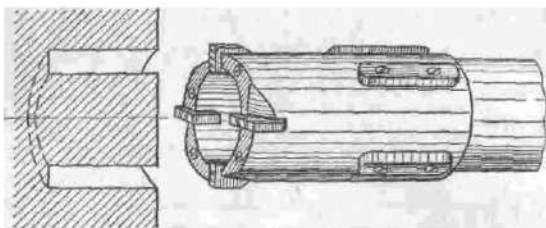
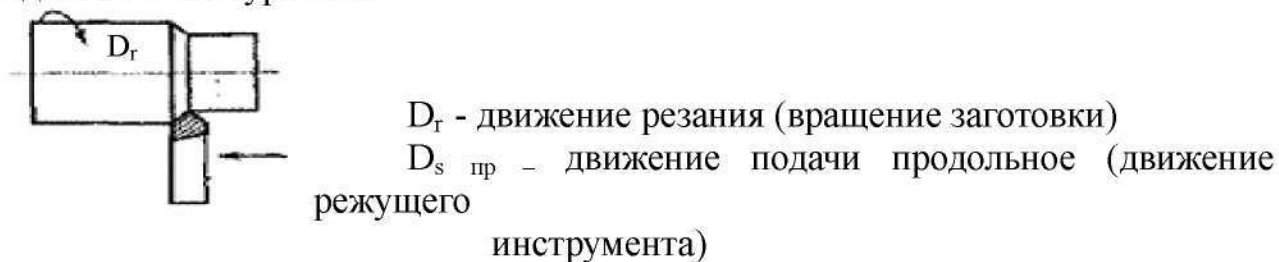


Рис. 5. Кольцевое сверло.

2.2.2. Токарная обработка. Поверхность изделия из полиуретана подвергается механической обработке методом точения только твердостью поверхности от 85 ед. по Шору А до 98 ед. по Шору А. Обработка производится на оборотах, число которых в зависимости от твердости материала различно, чем ниже твердость поверхности, тем ниже обороты вращения заготовки.

При механической обработке методом точения поверхности изделия из полиуретана необходимо использовать резцы специального назначения марок РМ-5, РМ-4, РМ-6, а также М-5, М-4. Данная операция механической обработки поверхностей изделия из полиуретана производится на токарном станке.

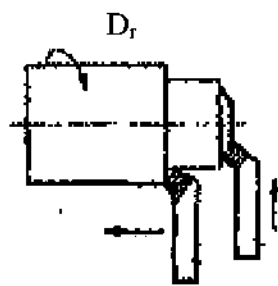
На Рис.6 приведена схема операции продольного точения поверхностей изделия из полиуретана.



$D_{s\text{ пр}}$

Рис.6. Точение продольное.

На рис.7 приведена схема операции по подрезанию торцов у изделия из полиуретана.

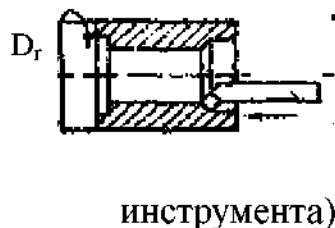


D_r - движение резания (вращение заготовки)
 $D_{s\text{ пр}}$ - движение подачи продольное (движение режущего инструмента)
 $D_{s\text{ поп}}$ - движение подачи поперечное (движение режущего инструмента)

$D_{s\text{ поп}}$

Рис.7. Подрезание торцов

На Рис.8 приведена схема операции по растачиванию отверстий в изделие из полиуретана на токарном станке с использованием специального расточного резца.

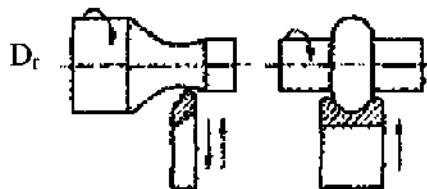


D_r - движение резания (вращение заготовки)
 $D_{s\text{ пр}}$ - движение подачи продольное (движение режущего инструмента)

$D_{s\text{ пр}}$

Рис.8. Растачивание отверстия.

На Рис.9 приведена схема по фасонному точению поверхности изделия из полиуретана на токарном станке с использованием специальных фасонных резцов.



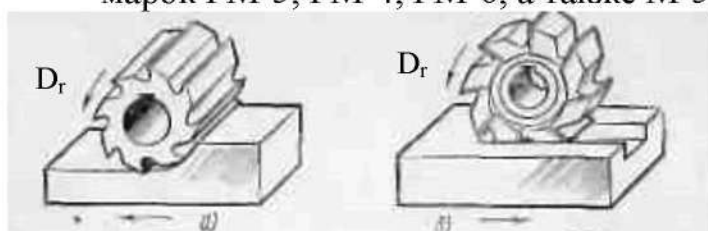
D_r - движение резания (вращение заготовки)
 $D_{s\text{ поп}}$ - движение подачи поперечное (движение режущего инструмента)

$D_{s\text{ поп}}$

Рис.9. Фасонное точение.

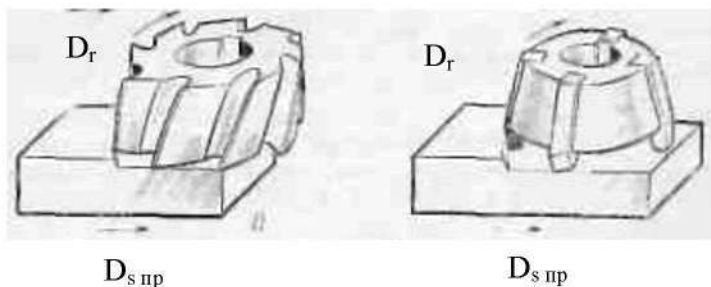
2.2.3. Фрезерование. Плоские поверхности изделия из полиуретана подвергаются механической обработке методом фрезерования на универсально-фрезерных или широкоуниверсальных консольно-фрезерных станках с использованием резцовых головок с малым количеством режущих кромок. При фрезеровании полиуретана, как и при точении необходимо учитывать следующие рекомендации:

- твердость поверхности инструмента от 85 ед. по Шору А до 98 ед. по Шору А;
- чем ниже твердость поверхности, тем ниже обороты вращения режущего инструмента;
- материал режущих кромок резцовых головок специального назначения марок РМ-5, РМ-4, РМ-6, а также М-5, М-4



заготовки)

D_r - движение резания
(вращение режущего инструмента)
 $D_{s\text{ пр}}$ - движение подачи
продольное (движение



$D_{s\text{ пр}}$

$D_{s\text{ пр}}$

Рис.10. Фрезерование плоской поверхности и пазов.

2.2.4. Шлифование и полирование. Шлифовка и полировка поверхности изделия из полиуретана производится на станках со специальным устройством, обеспечивающем вращательно-поступательные движения инструмента относительно вращающейся заготовки. В зависимости от требуемой чистоты обработки устанавливают крупность зерна обрабатывающего инструмента. Шлифовальные диски, применяемые для обработки поверхности, не должны быть широкими, т.к. в месте шлифования может произойти перегрев обрабатываемой поверхности.

Полировка поверхности изделия из полиуретана производится на тех же спецстанках или ручным электроинструментом с абразивной лентой на бумажной или тканой основе зернистостью 40 – 100.

2.2.5. Вырубка. Изготовление деталей из листового полиуретана можно производить на прессах и вручную методом вырубки с использованием остро заточенного вырубного инструмента.

5. Пример обработки изделия из полиуретана.



Черновая обточка валика кольцевыми резцами.
Торцы валика подрезают лезвийными резцами.



Чистовая обточка вала с помощью игольчатой фрезы.



Шлифование вала абразивным кругом.



Полирование вала абразивной лентой.

4. Виды режущего инструмента для механической обработки полиуретана.

На рис.11, 12, 13 приведены виды некоторых режущих инструментов применяемых при механической обработке поверхностей прототипа изделия из полиуретана.



Рис. 11. Кольцевой резец

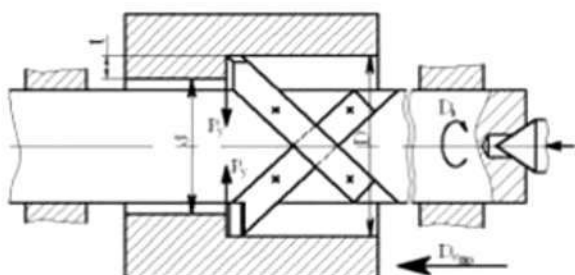


Рис.12. Лезвийный резец

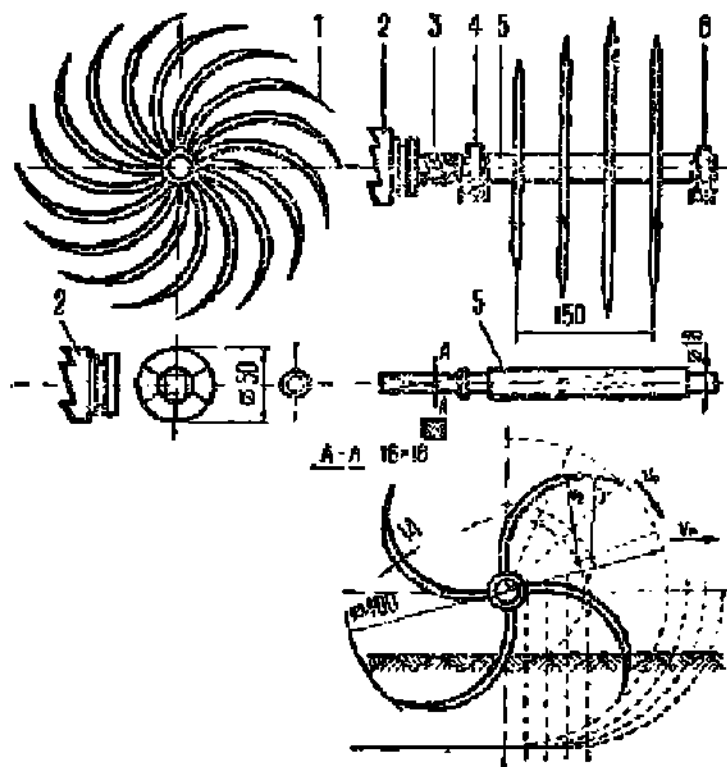


Рис. 13. Игльчатая фреза.
1- игла, 2- храповик, 3-пружина
4,6- подшипник, 5- вал

Покраска поверхностей прототипа изделия из полиуретана.

1. Методами механической обработки: фрезерованием и шлифованием, обработать поверхности прототипа изделия необходимые для окрашивания до образования ровной матовой поверхности.

2. Выдержать изделие при температуре 50°C шесть часов.

3. При необходимости произвести шпаклевку дефектов поверхности (в виде раковин), зашкурить зашпаклеванные места. В качестве шпатлевки использовать смесь, состоящую из крошки пенопласта и уретанового клея.

4. Произвести грунтовку изделия, грунтами предназначенными для применения по полиуретану.

5. Выполнить окраску изделия согласно инструкции по применяемым материалам. При температуре.

Температура прямого воздействия на изделие не должна превышать 40°C при всех операциях кроме п.2.

Список литературы.

1. Арзамасов Б.Н. Материаловедение. Учебник для ВУЗов.
2. Проектирование и моделирование промышленных изделий: Учеб. Для вузов / С.А.Васин, А.Ю. Талашук, В.Г. Бандорин,

Ю.А. Грабовенко, Л.А.Морозова, В.А.Редько; Под ред. С.А. Васина, А.Ю. Талашука. – М.: Машиностроение-1, 2004 – 692 с., ил.