

ФГБОУ ВО
«Воронежский государственный технический университет»



Кафедра
самолетостроения

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к выполнению лабораторных работ № 1-4 по дисциплине
«Технология обработки материалов» для студентов
специальности 24.05.07 «Самолето- и вертолетостроение»
очной формы обучения



Воронеж 2017

Составители: канд. техн. наук В.В. Самохвалов,
канд. техн. наук А.П. Будник,
аспирант И.С. Попов

УДК 621.002.2:629.73.002(07)

Методические указания к выполнению лабораторных работ № 1-4 по дисциплине «Технология обработки материалов» для студентов специальности 24.05.07 «Самолето- и вертолестроение» очной формы обучения / ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»; сост. В.В. Самохвалов, А.П. Будник, И.С. Попов. Воронеж, 2017. 29 с.

Методические указания предназначены для выполнения лабораторных работ № 1-4 по дисциплине «Технология обработки материалов» студентами 2 курса.

Ил. 15. Библиогр.: 1 назв.

Рецензент канд. техн. наук, доц. Е.Н. Некравцев

Ответственный за выпуск зав. кафедрой д-р техн. наук,
проф. В.И. Корольков

Печатается по решению учебно-методического
совета Воронежского государственного технического
университета

© ФГБОУ ВО «Воронежский
государственный технический
университет», 2017

ВВЕДЕНИЕ

Перед лабораторным занятием студент обязан подготовиться по теме занятия, используя учебники, конспекты лекций и данные методические указания.

Цель данных методических указаний является ознакомление студентов с технологией обработки материалов, методами проектирования и расчетов поковок, усилия вытяжки, режимов резания и с понятием о структуре композиционных материалов.

Лабораторная работа № 1

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПОКОВКИ

Цель работы: Изучение методики разработки чертежа поковки.

1. Сущность процесса

Ковка — вид горячей обработки металлов давлением, при котором металл деформируется с помощью универсального инструмента. Нагретую заготовку (см. рис. 1 д) укладывают на нижний боек 3 и верхним бойком 2 последовательно деформируют отдельные участки. Металл свободно течет в стороны, не ограниченные рабочими поверхностями инструмента, в качестве которого применяют плоские или фигурные (вырезные) бойки, а также различный подкладной инструмент. Ковкой получают заготовки для последующей механической обработки.

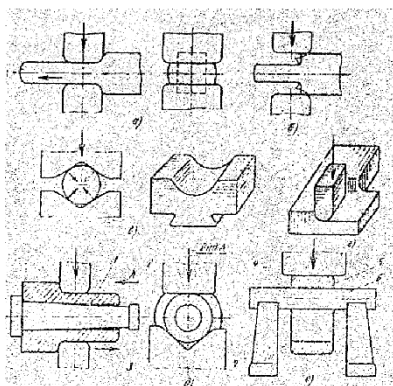


Рис.1

Эти заготовки называют коваными поковками, или просто поковками. Ковка является единственно возможным способом изготовления тяжелых поковок (до 250 т) типа валов гидрогенераторов, турбинных дисков, коленчатых валов судовых двигателей, валков прокатных станков и т. д. Поковки меньшей массы (десятки и сотни килограммов) можно изготавливать и ковкой, и штамповкой. Хотя штамповка имеет ряд преимуществ перед ковкой, в единичном и мелкосерийном производствах ковка обычно экономически более целесообразна. Объясняется это тем, что при ковке используют универсальный (годный для изготовления различных поковок) инструмент, а изготовление специального инстру-

мента (штампа) при небольшой партии одинаковых поковок экономически невыгодно. Исходными заготовками дляковки тяжелых крупных поковок служат слитки массой до 320 т. Поковки средней и малой массы изготавливают из блюмов и сортового проката квадратного, круглого или прямоугольного сечения.

2. Основные операцииковки и применяемый инструмент

Процессковки состоит из чередования в определенной последовательности основных и вспомогательных операций. Каждая операция определяется характером деформирования и применяемым инструментом. К основным операциямковки относятся осадка, протяжка, прошивка, обрубка, гибка.

Осадка — операция уменьшения высоты заготовки при увеличении площади ее поперечного сечения. Осадкой не рекомендуется деформировать заготовки, у которых отношение высоты h к диаметру d больше 2,5, так как в этом случае может произойти продольное искривление заготовки. Осаживают заготовки между бойками или подкладными плитами.

Разновидностью осадки является высадка, при которой металл осаживают лишь на части длины заготовки.

Протяжка — операция удлинения заготовки или ее части за счет уменьшения площади поперечного сечения (рис. 1, а). Протяжку производят последовательными ударами или нажатиями на отдельные участки заготовки, примыкающие один к другому, с подачей заготовки вдоль оси протяжки и поворотами ее на 90° вокруг этой оси. При каждом нажатии уменьшается высота сечения, увеличиваются ширина и длина заготовки. Общее увеличение длины равно сумме приращений длин за каждое нажатие, а уширение по всей длине одинаково. Если заготовку повернуть на 90° вокруг горизонтальной оси и повторить протяжку, то уширение, полученное в предыдущем проходе, устраняется, а длина заготовки снова увеличивается. Чем меньше подача при каждом нажатии, тем интенсивнее

удлинение. Однако при слишком малой подаче могут получиться зажимы (рис. 1, б).

Протягивать можно плоскими (рис. 1, а) и вырезными (рис. 1, в) бойками. При протяжке на плоских бойках в центре изделия могут возникнуть (особенно при протяжке круглого сечения) значительные растягивающие напряжения, которые приводят к образованию осевых трещин. При протяжке с круга на круг в вырезных бойках силы, направленные с четырех сторон к осевой линии заготовки, способствуют более равномерному течению металла и устранению возможности образования осевых трещин.

Очевидно, чем больше уковка, тем лучше прокован металл, тем выше его механические свойства. Поэтому протяжку применяют не только для получения поковок с удлиненной осью (валы, рычаги, тяги и т. п.), но и в чередовании с осадкой — для большей уковки металла заготовки.

Протяжка имеет ряд разновидностей.

Разгонка — операция увеличения ширины части заготовки за счет уменьшения ее толщины (рис. 1, г).

Протяжка с оправкой — операция увеличения длины пустотелой заготовки за счет уменьшения толщины ее стенок (рис. 1, д). Протяжку выполняют в вырезных бойках (или нижнем вырезном 3 и верхнем плоском 2) на слегка конической оправке. Протягивают в одном направлении — к расширяющемуся концу оправки, что облегчает, ее удаление из поковки.

Раскатка на оправке — операция одновременного увеличения наружного и внутреннего диаметров кольцевой заготовки за счет уменьшения толщины ее стенок (рис. 1, е). Заготовка 5 опирается внутренней поверхностью на цилиндрическую оправку 6, устанавливаемую концами на подставках 7, и деформируется между оправкой и узким длинным бойком 4. После каждого нажатия заготовку поворачивают относительно оправки. Протяжку с оправкой и раскатку на оправке часто применяют совместно.

Вначале раскаткой уничтожают бочкообразность предварительно осаженной и прошивой заготовки и доводят ее внутренний диаметр до требуемых размеров. Затем

протяжкой с оправкой уменьшают толщину стенок и увеличивают до заданных размеров длину поковки.

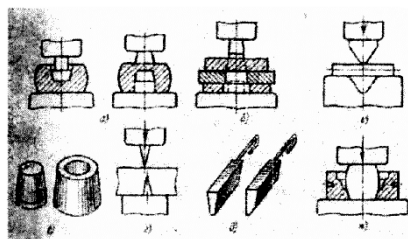


Рис. 2

Прошивка — операция получения полостей в заготовке за счет вытеснения металла (рис. 2, а). Прошивкой можно получить сквозное отверстие или углубление (глухая прошивка). Инструментом для прошивки служат прошивки (рис. 2, в) сплошные и пустотелые; последними прошивают отверстия большого диаметра (400—900 мм). При сквозной прошивке сравнительно тонких поковок применяют подкладные кольца (рис. 2, б). Более толстые поковки прошивают с двух сторон без подкладного кольца (рис. 2, а). Диаметр прошивки выбирают не более $1/2$ — $1/3$ наружного диаметра заготовки; при большем диаметре прошивки заготовка значительно искажается. Прошивка сопровождается отходом (выдрой).

Отрубка — операция отделения части заготовки по незамкнутому контуру путем внедрения в заготовку деформирующего инструмента — топора (рис. 2, г). Отрубку применяют для получения из заготовок большой длины нескольких коротких, для удаления излишков металла на концах поковок, а также прибыльной и донной частей слитка и т. п. Инструмент для отрубки — топоры различной формы (рис. 2, д).

Гибка — операция придания заготовке изогнутой формы по заданному контуру (рис. 2, е). Этой операцией получают угольники, скобы, крючки, кронштейны и т. п. Гибка, сопровождается искажением первоначальной формы поперечного сечения заготовки и уменьшением его площади в зоне изгиба, называемым утяжкой. Для компенсации утяжки в зоне изгиба заготовке придают увеличенные поперечные размеры. При

гибке возможно образование складок по внутреннему контуру и трещин по наружному. Во избежание этого явления по заданному углу изгиба подбирают соответствующий радиус скругления.

Перечисленными операциямиковки трудно изготовить поковки с относительно сложной конфигурацией. Поэтому при изготовлении небольшой партии таких поковок применяют так называемую штамповку в подкладных штампах (рис. 2, ж). Подкладной штамп может состоять из одной или двух частей, в которых имеется полость с конфигурацией поковки или ее отдельного участка. В подкладных штампах можно изготавливать головки гаечных ключей, головки болтов, диски со ступицей, втулки с буртом и другие поковки.

3. Оборудование дляковки

Ковку выполняют на ковочных молотах и ковочных гидравлических прессах.

Молоты — машины динамического, ударного действия. Продолжительность деформации на них составляет тысячные доли секунды. Металл деформируется за счет энергии, накопленной подвижными (падающими) частями молота к моменту их соударения с заготовкой. Поэтому при выборе молотов руководствуются массой их падающих частей. Энергия, накопленная падающими частями, не вся расходуется на деформирование заготовки. Часть ее теряется на упругие деформации инструмента и колебания шабота — детали молота, на которую устанавливают нижний боек. Чем больше масса шабота, тем больше КПД. Практически масса шабота бывает в 15 раз больше массы падающих частей, что обеспечивает КПД удара 0,8-Ю,9.

Одним из основных типов молотов дляковки являются паровоздушные молоты. Такие молоты приводятся в действие паром или сжатым воздухом давлением 0,7—0,9 МПа. В зависимости от конструкции станины паровоздушныековочные молоты бывают арочные, мостовые и одностоечные.

На станине 4 арочного молота (рис. 3) смонтирован рабочий цилиндр 1 с парораспределительным устройством // . При нажатии педали или рукоятки управления сжатый пар или воздух по каналу 12 поступает в верхнюю полость цилиндра 1 давит на поршень 2, соединенный штоком 3 с бабой 5, к которой прикреплен верхний боек 6. В результате падающие части 2, 3, 5 и 6 перемещаются вниз и наносят удар по заготовке, уложенной на нижний боек 7, неподвижно закрепленный на массивном шаботе 8. При подаче сжатого пара по каналу 10 в нижнюю полость цилиндра падающие части поднимаются в верхнее положение. Перемещение бабы 5 происходит в направляющих 9. В ковочных молотах станина 4 и шабот 8 закреплены на фундаменте по отдельности, так как для того, чтобы манипулировать заготовками и кузнечным инструментом, необходимо иметь доступ к бойкам со всех сторон.

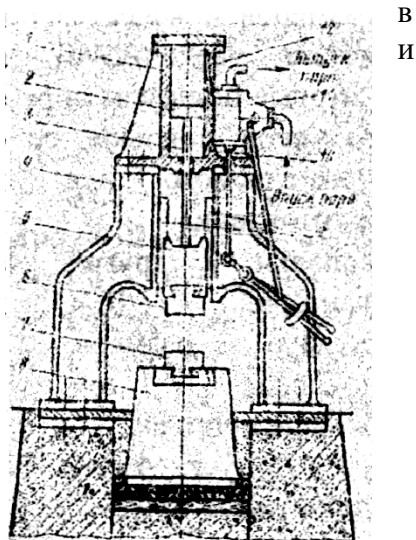


Рис. 3

Молоты могут совершать удары с разной энергией, зажимать поковки между бойками и удерживать бабу на весу. Ковочные паровоздушные молоты строят с массой падающих частей 1000—8000 кг. На этих молотах изготовляют поковки средней массы (20—350 кг), преимущественно из прокатанных заготовок.

Гидравлические прессы — машины статического действия; продолжительность деформации на них может составлять от единиц до десятков секунд. Металл деформируется приложении усилия, создаваемого с помощью жидкости (водной эмульсии или минерального масла), подаваемой в ра-

бочий цилиндр прессы. В СССРковочные гидравлические прессы строили с усилием 5—100 МН для изготовления крупных поковок в основном из слитков.

4. Технологическая разработка процесса

Чертеж поковки составляют на основании разработанного конструктором чертежа готовой детали с учетом припусков, допусков и напусков (рис. 4). Припуск 2 - поверхностный слой металла поковки, подлежащий удалению обработкой резанием для получения требуемых размеров и качества поверхности готовой детали. Размеры детали увеличивают на величину припусков в местах, которые подлежат обработке резанием. Припуск 2 зависит от размеров поковки, ее конфигурации, типа оборудования, применяемого для изготовления поковки и других факторов. Чем больше размеры поковки, тем больше припуск.

Допуск 4 — допустимое отклонение от номинального размера поковки, проставленного на ее чертеже, т. е. разность между наибольшим и наименьшим предельными размерами поковки. Допуск назначают на

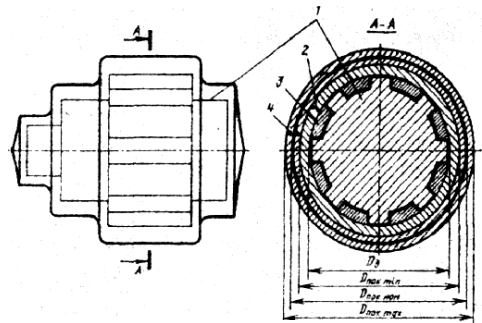


Рис. 4

все размеры поковки.

Конфигурацию поковки иногда упрощают за счет напусков 3 — объема металла, добавляемого к поковке сверх припуска для упрощения ее формы и, следовательно, процесса ковки. Напуски 3 удаляют последующей обработкой резанием. Припуски, допуски и напуски назначают в строгом соответствии с ГОСТом.

Выбор заготовки осуществляют по ее массе, которая может быть подсчитана по формуле

$$m_{\text{заг}} = m_{\text{пок}} + m_{\text{прип на угар}} + m_{\text{донная часть}} + m_{\text{отх с приб частью}} + m_{\text{уковка}}$$

$$m_{\text{припмна угар}} = 2 \div 2,5\%$$

$$m_{\text{уковка}} = 2,5 \div 3\%$$

где $m_{\text{заг}}$ – масса исходной заготовки;

$m_{\text{пок}}$ – масса поковки, подсчитываемая как произведение объема поковки на плотность металла;

$m_{\text{отх с приб частью}}$ – масса отхода с прибыльной частью слитка;

$m_{\text{донная часть}}$ – масса отхода с донной частью;

$m_{\text{прип на угар}}$ – масса отхода на угар (окалинообразование) при нагреве;

$m_{\text{уковка}}$ – масса технологических отходов.

Отходы с прибыльной части составляют 14-30%, а с донной части 4-7%; на угар – в среднем 2-2,5% массы нагреваемого металла при нагреве холодной заготовки и ~1,5% при каждом подогреве. Технологические отходы (обрубки, облои и т.п.) зависят от формы поковки и принятой последовательностиковки. При ковке из прокатной заготовки $m_{\text{отх с приб частью}}$ и $m_{\text{донная часть}}$ отсутствуют.

Размеры поперечного сечения заготовки выбирают с учетом обеспечения необходимой уковки. Достаточной увкой для слитков считается 2,5-3, а для проката можно принимать 1,3-1,5.

Выбор оборудования дляковки осуществляют в зависимости от режимаковки данного металла или сплава, массы поковки и ее конфигурации.

Необходимую мощность оборудования обычно определяют по приближенным формулам или справочным таблицам.

Последовательность операцийковки устанавливают в зависимости от конфигурации поковки и технологических требований на нее, вида заготовки (слиток или прокат). В качестве примера на рис. 5 приведена последовательностьковки полого массивного цилиндра из слитка на гидравлическом прессе.

Цилиндр куют из стального слитка (сталь 40) массой 18 т. с пяти нагревов. После первого протягивают прибыльную часть под патрон и сам слиток на диаметр 1000 мм, отрубают донную и при-

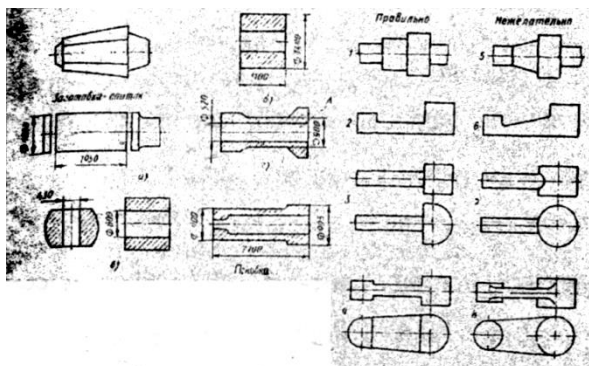


Рис. 5

быльную части слитка (рис. 5, а). После второго нагрева выполняют осадку, прошивку отверстия и раскатку на оправке (рис. 5, б). После третьего нагрева — посадку на оправку и протяжку на длину 1100 мм (рис. 5, в). После четвертого — посадку на оправку и протяжку средней части на диаметр 900 мм (рис. 5, г). После пятого нагрева (нагревают только конец А) заковывают конец А.

Технологические требования к деталям, получаемым из кованых поковок, сводятся главным образом к тому, что поковки должны быть наиболее простыми, очерченными цилиндрическими поверхностями и плоскостями (рис. 5, 4). В поковках следует избегать конических (рис. 5, 5) и клиновых (рис. 5, 6) форм. Необходимо учитывать трудность выполнения участков пересечений цилиндрических поверхностей между собой (рис. 5, 7) и с

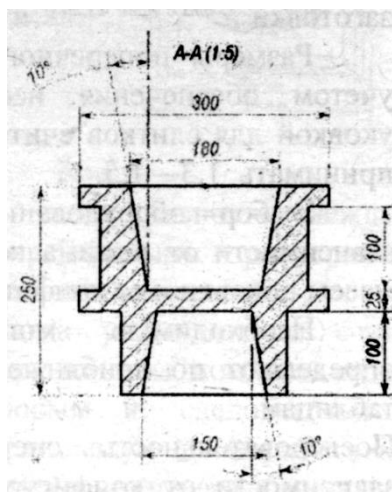


Рис. 6

призматическими поверхностями (рис. 5, 8).

На рис. 6 показан пример чертежа детали для определения размеров поковки. В поковках следует избегать ребристых сечений, бобышек, выступов и т. п., учитывая, что эти элементы в большинстве случаев изготовить ковкой невозможно. В местах сложной конфигурации приходится прибегать к напускам в целях упрощения конфигурации поковки, что вызывает удорожание детали. Следует смириться, что конфигурация детали позволяла получать при ковке наиболее благоприятное расположение волокон.

Лабораторная работа № 2 РАСЧЕТ УСИЛИЯ ВЫТЯЖКИ БЕЗ УТОНЕНИЯ ОСЕСИММЕТРИЧНОЙ ДЕТАЛИ

Цель работы: определение силы вытяжки осесимметричной детали из материалов Д16 и 30ХН2МА.

Вытяжка без утонения стенки превращает плоскую заготовку в полое пространственное изделие при уменьшении периметра вытягиваемой заготовки.

При гибке пространственных (не плоских, профильных) заготовок минимальный радиус изгиба определяется не только воз-

можностью разрушения заготовки, но и образованием складок в отдельных участках изгибаемой заготовки (потеря устойчивости).

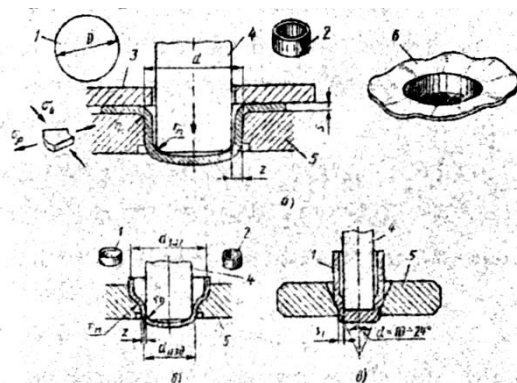


Рис. 7. Схемы первого перехода вытяжки (а), последующей вытяжки (б), вытяжки с утонением стенки (в): 1 — заготовка; 2 — изделие; 3 — прижим; 4 — пуансон; 5 — матрица; 6 — изделие со складками, образующимися при вытяжке без прижима

Схема первого перехода вытяжки приведена на рис. 7, а. Исходную вырубленную заготовку укладывают на плоскость матрицы. Пуансон надавливает на центральную часть заготовки и смещает ее в отверстие матрицы. Центральная часть заготовки тянет за собой периферийную часть (фланец) заготовки, и последняя, смещаясь в матрицу, образует стенки-вытянутого изделия. Во фланце в радиальном направлении действуют растягивающие напряжения σ_r , втягивающие фланец в отверстие матрицы, и сжимающие напряжения σ_θ , действующие в тангенциальном направлении и уменьшающие диаметральные размеры заготовки.

При определенных размерах фланец заготовки может потерять устойчивость. Под действием сжимающих напряжений σ_θ , что приведет к образованию складок δ (рис. 7, а). Складки могут появиться, если $(D - d) > (18 - S - 20)$, $5(D - J) > (18 - \gamma - 20)S$.

Для предотвращения появления складок применяют прижим 3, с определенной силой прижимающий фланец заготовки к плоскости матрицы.

Растягивающие напряжения на наружной кромке заготовки равны нулю ($\sigma_r = 0$) и возрастают до максимального значения на входе в матрицу. С увеличением ширины фланца растягивающие напряжения, действующие на входе в матрицу, увеличиваются. Если растягивающие напряжения σ_r достигнут временного сопротивления материала заготовки, то заготовка у доньшка разрушится, и вытяжка окажется невозможной.

Отсюда следует, что без разрушения можно вытягивать заготовки с определенной, ограниченной шириной фланца. Формоизменение при вытяжке оценивают коэффициентом вытяжки $k_e = D/d$. В зависимости от механических свойств металла и условий вытяжки максимально допустимые значения коэффициента вытяжки составляют 1,8—2,1.

Кроме ширины фланца, на растягивающее напряжение σ_r , действующее в опасном сечении заготовки, влияют радиусы скругления кромок матрицы r_M и пуансона r_P , а также силы

трения, возникающие при перемещении заготовки относительно матрицы и прижима.

Для уменьшения концентрации напряжений и соответственно опасности разрушения заготовки кромки пуансона и матрицы скругляют по радиусу, равному 5—10 толщин заготовки. Для уменьшения силы трения вытяжку обычно ведут, смазывая заготовку, причем состав смазочного материала подбирают с учетом характеристик материала заготовки, коэффициента вытяжки и формы вытягиваемых деталей.

Толщина фланцевой части заготовки при вытяжке изменяется: краевая часть (где сжимающие напряжения $\sigma_{\theta} > \sigma_p$) утолщается, а участки вблизи доньшка - утоняются. Это обстоятельство приводит к тому, что поверхность заготовки при вытяжке изменяется незначительно, и размеры заготовки можно определять из условия равенства поверхности детали (по средней линии) и площади плоской заготовки. Для осесимметричных деталей заготовка обычно имеет форму круга.

При вытяжке без утонения стенки зазор $z = (1,1+1,3) S$ выбирают из условия, при котором утолщенный край заготовки не должен утоняться сжатием между поверхностями пуансона и матрицы (это способствует повышению стойкости инструмента).

Если при допустимом для первого перехода коэффициенте вытяжки невозможно получить деталь заданной отношением высоты к диаметру, ее вытягивают за несколько переходов. В последующих переходах заготовкой служит полый полуфабрикат, полученный на предыдущем переходе вытяжки. Схема вытяжки на последующем переходе показана на рис. 7, б. На последующем переходе уменьшается диаметр поллой заготовки и (по условию равенства поверхностей) увеличивается ее высота.

Опасное сечение, как и прежде, находится у доньшка, и напряжение σ_p не должно превышать временногосоппротивления металла в этом месте заготовки. При холодной деформации металл упрочняется и, следовательно, предел текучести

металла стенок заготовки больше, чем у доньшка (наиболее упрочнена краевая часть полый заготовки, у которой в наибольшей степени уменьшился диаметр на первом переходе вытяжки). Это обстоятельство приводит к тому, что допустимый коэффициент вытяжки на последующих переходах значительно меньше допустимого коэффициента вытяжки на первом переходе ($k_в = 1,2 \div 1,4$). Некоторое увеличение допустимого коэффициента вытяжки ($k_в = 1,4 \div 1,6$) можно получить, если заготовку перед последующим переходом вытяжки подвергнуть рекристаллизационному отжигу, устраняющему изменение свойств, вызванное упрочнением.

Вытяжка с утонением стенки увеличивает длину полый заготовки в основном за

счет уменьшения толщины стенок исходной заготовки (рис. 7, б). При вытяжке с утонением стенки зазор между пуансоном и матрицей должен быть меньше толщины стенки, которая, сжимаясь между. Деталей со стенкой, толщина которой уменьшается к краю (в этом случае пуансон выполняют коническим), а также тонкостенных деталей, получение которых вытяжкой без утонения стенок затруднительно в связи с опасностью складкообразования.

Удельные усилия на контактных поверхностях при вытяжке с утонением стенки значительно больше, чем при вытяжке без утонения стенки. Так как при вытяжке с утонением стенки заготовка скользит по матрице в направлении движения пуансона и по пуансону в обратном направлении (от торца пуансона), следовательно и силы трения на наружной и внут-

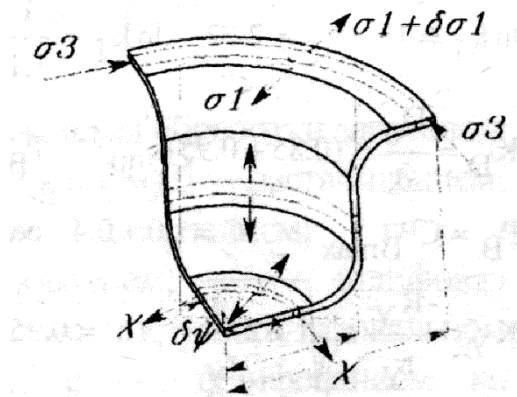


Рис. 8

ренной поверхностях заготовки направлены в противоположные стороны. Это обстоятельство увеличивает допустимую степень деформации (силы трения по матрице увеличивают растягивающие напряжения в стенках протянутой части заготовки, а по пуансону — уменьшают).

При вытяжке с утонением стенки ее толщина за один переход может быть уменьшена в 1,5—2 раза.

Размеры заготовки для получения деталей вытяжкой с утонением стенки определяют из условия равенства объемов заготовки и детали, принимая при этом, что толщина доньшка не изменяется.

$$\begin{aligned} \sigma_{B(D16)} &= 440 \text{ МПА} \\ \sigma_{B(30XНМА)} &= 1000 \text{ МПА} \\ (\sigma_1 + d\sigma_1) \cdot (r_x + dr_x) \cdot \delta \cdot \partial \cdot \psi - \sigma_1 \cdot \delta \cdot r_x \cdot d\psi + 2 \cdot \sigma_3 \cdot dr_x \cdot \sin \frac{\delta \cdot \psi}{2} &= 0 \left. \vphantom{\begin{aligned} \sigma_1 + \sigma_3 &= \beta \cdot \sigma_{icp} \\ d\sigma_1 &= -(\sigma_1 + \sigma_3) \cdot \frac{dr_x}{r_x} \\ \sigma_1 &= -\beta \cdot \sigma_{icp} \int \frac{dr_x}{r_x} = -\beta \cdot \sigma_{icp} \cdot \ln r_x + C_1 \\ C_1 &= 1,1 \cdot \sigma_{icp} \cdot \ln R_x \\ \sigma_1 &= 1,1 \cdot \sigma_{icp} \cdot \ln \frac{R_x}{r_x} \\ \sigma_1 &= 1,1 \cdot \sigma_{icp} \cdot \left(1 - \ln \frac{R_x}{r_x}\right) \\ \sigma_1 &\rightarrow \max \text{ если } \ln \frac{R_x}{r_x} \rightarrow \ln \frac{R_0}{r} = \ln \frac{D_0}{d} = \ln k \end{aligned}} \right\} \\ \sigma_1 + \sigma_3 &= \beta \cdot \sigma_{icp} \\ d\sigma_1 &= -(\sigma_1 + \sigma_3) \cdot \frac{dr_x}{r_x} \\ \sigma_1 &= -\beta \cdot \sigma_{icp} \int \frac{dr_x}{r_x} = -\beta \cdot \sigma_{icp} \cdot \ln r_x + C_1 \\ C_1 &= 1,1 \cdot \sigma_{icp} \cdot \ln R_x \\ \sigma_1 &= 1,1 \cdot \sigma_{icp} \cdot \ln \frac{R_x}{r_x} \\ \sigma_1 &= 1,1 \cdot \sigma_{icp} \cdot \left(1 - \ln \frac{R_x}{r_x}\right) \\ \sigma_1 &\rightarrow \max \text{ если } \ln \frac{R_x}{r_x} \rightarrow \ln \frac{R_0}{r} = \ln \frac{D_0}{d} = \ln k \\ \text{если } \sigma_1 &= \sigma_{вп}; 1,1 \cdot \sigma_{icp} = \sigma_{вп}, \text{ то } \sigma_{вп} = 1,1 \cdot \sigma_{вп} \cdot \ln k \sigma_{вп} = \sigma_{вп} \cdot \ln k_T \\ \ln k_T &= 1 \quad k_T = 2.72 \ln k_T = \frac{1}{1.1} = 0.909 \quad k_T = 2.5 \quad k_{np} = 1.7 \div 2.1 \\ k_D &= \frac{D_0}{d} \leq (0.85 \div 0.95) \cdot k_{np} P_{Bmax} = \pi \cdot d \cdot \delta \cdot \sigma_{вп} \\ P_B &= C \cdot P_{Bmax} \quad C = 1.0 \div 0.4 \text{ если } k_D = 2.1 \div 1.25 \\ k_Y &= \frac{R_Y}{r_Y} \cong \sqrt{1 + 2 \cdot \frac{\pi}{r_Y} h'} = 0.95 \cdot h - 0.43 \cdot \left(r_n + \frac{\delta}{2}\right) \\ R_Y &= \sqrt{(r_Y - r_n)^2 + (2 \cdot r_Y + \delta) \cdot (h + r_n - \delta) + \pi \cdot (h + r_n - \delta) \cdot \left(r_n + \frac{\delta}{2}\right) + 2 \cdot \left(r_n + \frac{\delta}{2}\right)^2} \end{aligned}$$

Лабораторная работа № 3 ОПРЕДЕЛЕНИЕ РЕЖИМОВ РЕЗАНИЯ

Цель работы: изучение методики определения режимов резания.

Теоретическая часть.

1. Классификация движений в металлорежущих станках.

Обработка металлов резанием — это процесс срезания режущим инструментом с поверхности заготовки слоя металла в виде стружки для получения необходимой геометрической формы, точности размеров, взаиморасположения и шероховатости поверхностей детали. Чтобы срезать с заготовки слой металла, необходимо режущему инструменту и заготовке сообщить относительные движения.

Инструмент и заготовку устанавливают и закрепляют в рабочих органах станков, обеспечивающих эти относительные движения: в шпинделе, на столе, в револьверной головке. Движения рабочих органов станков подразделяют на движения резания, установочные и вспомогательные. Движения, которые обеспечивают срезание с заготовки слоя металла или вызывают изменение состоя-

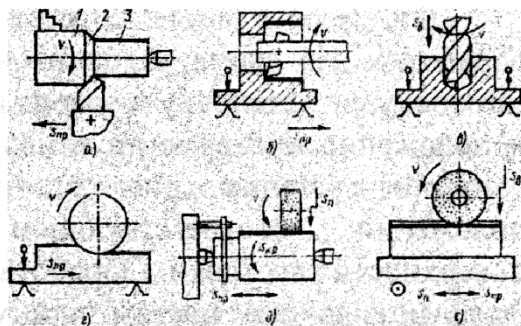


Рис. 9. Схемы обработки заготовок: а — точением) б — растачиванием; в — сверлением; г — фрезерованием; д — шлифованием на круглошлифовальном станке; е — шлифованием на плоскошлифовальном станке

ния обработанной поверхности заготовки, называют движениями резания. К ним относят главное движение и движение подачи.

За главное принимают движение, определяющее скорость деформирования и отделения стружки, за движение подачи — движение, обеспечивающее врезание режущей кромки инструмента в материал заготовки. Эти движения могут быть непрерывными или прерывистыми, а по своему характеру вращательными, поступательными, возвратно-поступательными. Скорость главного движения означают v , величину подачи — s .

Движения, обеспечивающие взаимное положение инструмента и заготовки для срезания с нее определенного слоя материала, называют установочными.

К вспомогательным движениям относят транспортирование заготовки, закрепление заготовок и инструмента, быстрые перемещения рабочих органов станка и др.

Для любого процесса резания можно составить схему обработки. На схеме условно изображают обрабатываемую заготовку, ее установку и закрепление на станке, закрепление и положение инструмента относительно заготовки, а также движения резания (рис. 9). Инструмент показывают в положении, соответствующем окончанию обработки поверхности заготовки. Обработанную поверхность на схеме выделяют другим цветом или утолщенными линиями. На схемах обработки показывают характер движений резания и их технологическое назначение, используя условные обозначения. Существуют подачи: продольная s_{np} , поперечная s_n , вертикальная s_v , круговая $s_{кр}$, окружная s_0 и др. В процессе резания на заготовке различают обрабатываемую поверхность, обработанную поверхность 3 и поверхность резания 2 (рис. 9, а).

2. Режим резания.

При назначении режимов резания определяют скорость резания, подачу и глубину резания.

Скоростью резания v называют расстояние, пройденное точкой режущей кромки инструмента относительно заготовки в единицу времени. Скорость резания имеет размерность м/мин или м/с. Если главное движение вращательное (точение), то скорость резания, м/мин:

Если главное движение возвратно-поступательное, а скорости рабочего и холостого ходов различны, то скорость резания, м/мин!

Подачей s называют путь точки режущей кромки инструмента относительно заготовки в направлении движения подачи за один оборот либо один ход заготовки или инструмента. Подача в зависимости от технологического метода обработки имеет размерность: мм/об — для точения и сверления; мм/дв. ход — для строгания и шлифования.

Глубиной резания t называют расстояние между обрабатываемой и обработанной поверхностями заготовки, измеренное перпендикулярно к последней. Глубину резания задают на каждый рабочий ход инструмента относительноприбегать к напускам в целях упрощения конфигурации поковки, что вызывает удорожание детали. Кроме того, следует стремиться, чтобы конфигурация детали позволяла.

При точении цилиндрической поверхности глубину резания определяют как полуразность диаметров до и после обработки.

3 Силы резания

Деформирование и срезание с заготовки слоя металла происходит под действием внешней силы P , приложенной со стороны инструмента к обрабатываемой заготовке. Направление вектора силы совпадает с вектором скорости резания v . Работа, затрачиваемая на деформацию и разрушение материала заготовки (Pv), расходуется на упругое и пластическое деформирование металла, его разрушение, преодоление сил тре-

ния задних поверхностей инструмента о заготовку и стружки о переднюю поверхность инструмента. В результате сопротивления металла деформированию возникают реактивные силы, действующие на режущий инструмент. Это силы упругого (P_{y1} и P_{y2}) и пластического (P_T и $P_{П2}$) деформирования, векторы которых направлены перпендикулярно к передней и главной задней поверхностям резца (рис. 10,а).

Наличие нормальных сил обуславливает возникновение сил трения, направленных по передней и главной задней поверхностям инструмента.

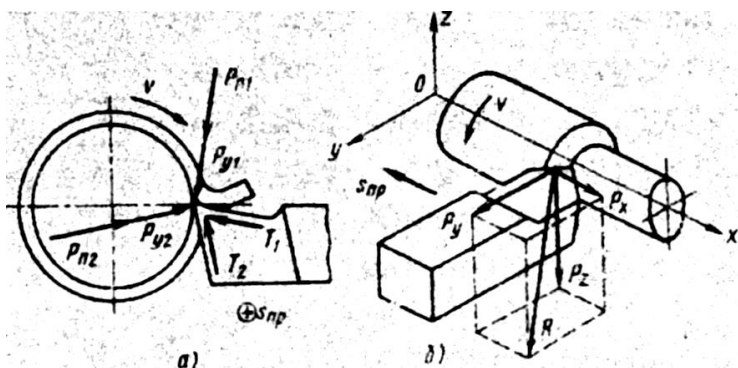


Рис. 10. Силы, действующие на резец (а), и разложение силы резания на составляющие (б)

Указанную систему приводят к равнодействующей сил резания:

$$R = \overline{P_{y1}} + \overline{P_{y2}} + \overline{P_{n1}} + \overline{P_{n2}} + \overline{T_1} + \overline{T_2}$$

Считают, что точка приложения силы R находится на рабочей части главной режущей кромки инструмента (рис. 10, б).

Для расчетов используют не равнодействующую силу резания, а ее составляющие, действующие по трем взаимно перпендикулярным направлениям координатным осям металлорежущего станка. Для токарно-винторезного станка: ось x —

линия центров станка, ось y — горизонтальная линия, перпендикулярная к линии центров станка, ось z — линия, перпендикулярная к плоскости $хоу$ (рис. 10, б).

Для расчетов используют не равнодействующую силу резания, а ее составляющие, действующие по трем взаимно перпендикулярным направлениям координатным осям металлорежущего станка. Для токарно-винторезного станка: ось x — линия центров станка, ось y — горизонтальная линия, перпендикулярная к линии центров станка, ось z — линия, перпендикулярная к плоскости $хоу$ (рис. 10, б). Вертикальная составляющая силы резания P_z действует в плоскости резания в направлении главного движения (по оси z). По силе P_2 определяют крутящий момент на шпинделе станка, эффективную мощность резания, деформацию изгиба заготовки в плоскости $хоу$ (рис. 11, а), изгибающий момент, действующий на стержень резца (рис. 11, б), а также ведут динамический расчет механизмов коробки скоростей станка.

Радиальная составляющая силы резания P_y действует в плоскости $хоу$ перпендикулярно к оси заготовки. По силе P_y определяют величину упругого отжатия резца от заготовки и величину деформации изгиба заготовки в плоскости $хоу$ (рис. 11, а).

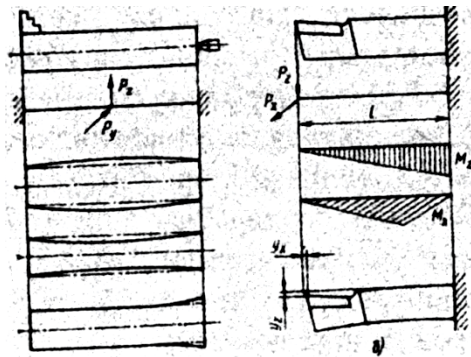


Рис. 11

Осевая составляющая силы резания P_x действует в плоскости $хоу$, вдоль оси заготовки. По силе P_x рассчитывают

механизм подачи станка, изгибающий момент, действующий на стержень резца (рис. 11,6).

По величине деформации заготовки от сил P_z и P_y рассчитывают ожидаемую точность размерной обработки заготовки и погрешность ее геометрической формы. По величине суммарного изгибающего момента от сил P_z и P_x рассчитывают стержень резца на прочность. Равнодействующая сила резания, H :

$$R = \sqrt{P_x^2 + P_y^2 + P_z^2}$$

Силу P_z , H , определяют по эмпирической формуле:

$$P_z = C_{Pz} t^{X_{Pz}} \cdot S^{Y_{Pz}} \cdot v^{n_{Pz}} \cdot K_{MPz}$$

где C_{Pz} —коэффициент, учитывающий физико-механические свойства материала обрабатываемой заготовки; K_{MPz} — коэффициент, учитывающий факторы, не вошедшие в формулу (углы резца, материал резца и т. д.).

Значения этих коэффициентов и показателей степеней X_{Pz} , и Y_{Pz} даны в справочниках для конкретных условий обработки. Аналогичные формулы существуют для определения сил P_y и P_x .

Эффективной мощностью N_e называют мощность, расходуемую на процесс деформирования и срезания с заготовки слоя металла. При точении цилиндрической поверхности на токарно-винторезном станке эффективная мощность, кВт:

$$N_e = P_z v / (60 \cdot 10^3) + P_x n s_{np} / (60 \cdot 10^6)$$

где n — частота вращения заготовки, об/мин. Мощность электродвигателя станка N_e , кВт.

Лабораторная работа № 4

ПОНЯТИЕ О СТРУКТУРЕ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Цель работы: ознакомление со структурой композиционных материалов.

Структура композиционных материалов представляет собой матрицу (основной компонент), содержащую в своем объеме упрочняющую (армирующую) фазу (или армирующие элементы), часто называемую наполнителем. Матрица и наполнитель разделены границей (поверхностью) раздела. Количество матричного материала в составе любого композита должно быть не менее 50% об. Наполнитель равномерно распределен в матрице и имеет заданную пространственную ориентацию.

Классификация армирующих элементов - наполнителя в матрице композиционного материала.

По геометрической форме наполнители разделяются на нульмерные, одномерные и двумерные (рис.12). Нульмерный наполнитель представляет собой изометрические частицы, размеры которых могут варьироваться от 10^{-2} до 10^0 мкм. Их размеры в направлении осей x, y, z одинаковы. Одномерный наполнитель – это волокна круглого или прямоугольного сечения. Линейные размеры, определяющие сечение волокон, составляют от 10^{-1} до 10^2 мкм. Их длина на несколько порядков выше ($1-10^2$ мм). Двумерный наполнитель – это слои (или пластины), длина и ширина которых ($1-10^2$ мм) значительно превышают их толщину ($10^{-3}-10^0$ мкм).

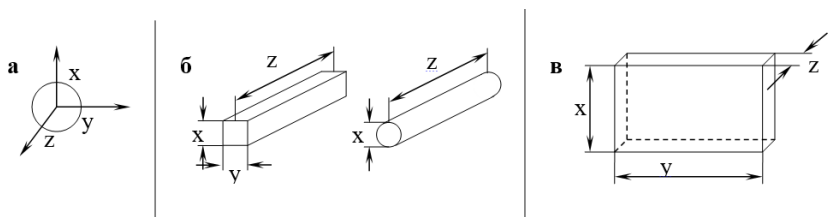


Рис. 12. Классификация наполнителей в композиционном материале: а – нульмерные ($x=y=z$), б – одномерные ($x=y \ll z$), в – двумерные ($x=y \gg z$)

Классификация композиционных материалов по структурному признаку.

По структуре композиционные материалы подразделяются на дисперсно-упрочненные (армированные нульмерным наполнителем), волокнистые (армированные одномерным наполнителем) и слоистые (армированные двумерным наполнителем) (рис.13).

В дисперсно-упрочненном композите дисперсные включения равномерно распределены в матрице, расстояния между соседними частицами задаются их объемной долей.

В волокнистых композитах волокна в матрице могут располагаться направленно, либо хаотично (направленно армированные и хаотично армированные материалы). При направленном армировании производится укладка волокон с заданным шагом, при хаотичном армировании расстояния между соседними отрезками волокон, также как и в случае дисперсно-упрочненных материалов, определяются их объемным содержанием.

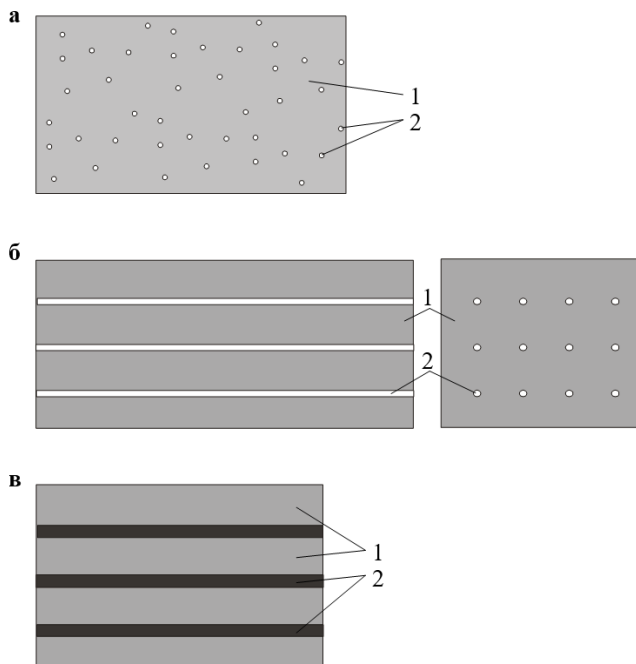


Рис. 13. Классификация композиционных материалов по структурному признаку:

- а – дисперсно-упрочненные (1 – матрица, 2 – дисперсные включения),
- б – волокнистые (1 – матрица, 2 – волокна),
- в – слоистые (1 – матричные слои, 2 – армирующие слои)

Структура слоистых композитов представлена чередующимися матричными и армирующими слоями. Матричными считаются слои большие по толщине. Объемная доля армирующих слоев, очевидно, задается соотношением толщин матричного и армирующего слоя.

Представление о границе раздела «матрица-наполнитель» в композиционном материале.

Первостепенное значение при проектировании любого композиционного материала имеет вопрос о границе раздела

между матрицей и наполнителем. Его важность обусловлена тем, что состояние указанной границы раздела определяет эффективность (или неэффективность) армирования композита тем или иным наполнителем. Так что же следует понимать под границей раздела? Речь идет о поверхности контакта матрицы с армирующим элементом (рис.14). В общем случае эта поверхность раздела по своему химическому составу и физико-механическим свойствам отличается от таковых для матрицы и армирующего элемента. Тогда можно дать следующее определение: граница (или поверхность) раздела между матрицей и наполнителем – это область изменения химического состава и физико-механических свойств (плотность, прочность, модуль упругости) композита. Она обеспечивает связь матрицы с армирующим элементом, необходимую для передачи и распределения нагрузки между составляющими композита.

Различают композиционные материалы с малой (менее 0,5 мкм), средней (0,5 – 1,0 мкм) и большой (более 1 – 2 мкм) толщиной границы. Экспериментально показано, что композиты с малой толщиной границы раздела между матрицей и наполнителем, чаще всего, имеют более предпочтительные механические характеристики по сравнению с двумя последними. Это объясняется тем, что длина поперечной трещины, зародившейся по границе раздела первого композита, слишком мала (она соответствует толщине границы), чтобы инициировать разрушение армирующего элемента. В этом случае концентрация напряжений у вершины такой трещины намного меньше концентрации напряжений, обусловленных наличием внутренних дефектов, содержащихся в объеме самого армирующего элемента.

Важнейшей характеристикой композиционного материала является стабильность границы раздела. Имеется в виду стабильность (неизменность или постоянство) фазового состава и структуры при заданных условиях эксплуатации: температуре, давлении, времени, газовой среде и внешней нагрузке.

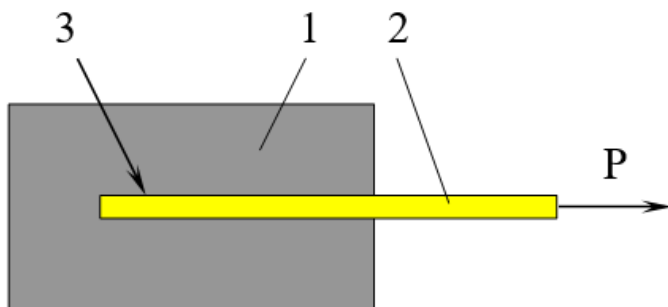


Рис. 14. Схематическое изображение границы раздела между матрицей и наполнителем:

1 – матрица, 2 – волокно (наполнитель), 3 – граница (поверхность) раздела, Р – нагрузка прикладываемая к волокну для вытягивания его из матрицы

Стабильность границы раздела призвана обеспечить высокую эксплуатационную надежность композита в течение всего времени его службы. Если при использовании композита в тех или иных условиях значительно изменяется фазовый состав его границы (т.е. происходит образование новых химических соединений с увеличением или уменьшением объема) и структура границы (например, значительный рост зерен вследствие рекристаллизации или возникновение диффузионной пористости), то это неминуемо приведет к резкому разупрочнению материала. Его невозможно использовать в качестве элементов конструкций, поскольку граница раздела в таком композите является нестабильной. Для получения стабильной границы в создаваемом композите следует рассматривать вопрос о термодинамической совместимости составляющих его фаз.

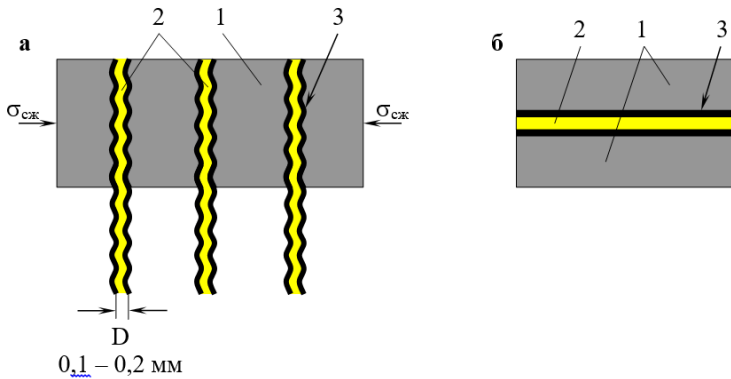


Рис. 15. Схематическое представление формирования механической и реакционной связи по границе раздела «матрица – наполнитель»:

а – механическая связь в КМ Al-W(волокно), где 1 – Al-матрица, 2 – W-проволока, 3 – промежуточный C-слой, $\sigma_{сж}$ – сжимающие напряжения приложенные поперек волокна;

б – реакционная связь в КМ: Ti-B(волокно) ($Ti+B=TiB_2$), Y_2O_3-Cr ($Y_2O_3+Cr= YCr_3$), Al_2O_3-Cr ($Al_2O_3+Cr=Cr_2O_3$ Al_2O_3 (тв. р-р)), где 1 – матрица, 2 – армирующий компонент, 3 – слой, состоящий из продукта реакции

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Технология конструкционных материалов //А.М. Дальский, И.А. Арутюнова, Т.М. Барсукова и др. – 5-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 2004. – 512 с.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	1
Лабораторная работа № 1. Проектирование поковки	2
Лабораторная работа № 2. Расчет усилия вытяжки без утонения осесимметричной детали	11
Лабораторная работа № 3. Определение режимов резания	16
Лабораторная работа № 4. Понятие о структуре композиционных материалов	22
Библиографический список	28

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к выполнению лабораторных работ № 1-4 по дисциплине
«Технология обработки материалов» для студентов
специальности 24.05.07 «Самолето – и вертолетостроение» оч-
ной форм обучения

Составители:

Самохвалов Валерий Викторович

Будник Александр Павлович

Попов Игорь Сергеевич

В авторской редакции

Подписано в печать 15.05.2017.

Формат 60x84/16. Бумага для множительных аппаратов.

Усл. печ. л. 2,0. Уч.-изд. л. 1,8. Тираж экз. «С»

Зак. №

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный
технический университет»

394026 Воронеж, Московский просп., 14