

Министерство науки, высшего образования
и технической политики РСФСР

Самарский ордена Трудового Красного Знамени
авиационный институт имени академика С.П.Королева

ДЕФОРМИРУЮЩИЙ ИНСТРУМЕНТ

Методические указания
к лабораторным работам

Самара 1982

Составители: В.Р.К а р г и н, Е.С.Г о р ш к о в

УДК 621.7(075)

Детонирующий инструмент: Метод. указания к лабораторным работам /Самар. авиац. ин-т; Сост. В.Р. К а р г и н, Е.С.Г о р ш к о в. Самара, 1992.
26 с.

Методические указания составлены на базе лабораторных работ, подготовленных и проведенных на кафедре "Обработка металлов давлением" в 1985-1990 гг. и новых разработок, базирующихся на современных методах исследования фольговых датчиков, кольцевых образцов, разрезной волоки.

Лабораторная работа № I (4 часа)

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОНТАКТНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ ПРИ ОБЪЕМНОЙ ШТАМПОВКЕ

Цель работы: освоение метода фольговых датчиков для нахождения контактных напряжений; изучение распределения напряжений на поверхности открытого штампа.

Краткие теоретические сведения

Условия работы штампового инструмента характеризуются интенсивным воздействием весьма высоких температурно-силовых нагрузок. Реактивные силы при деформировании заготовки вызывают упругую или упругопластическую деформацию отдельных участков штампа, являются причиной износа, появления трещин, а в отдельных случаях — разрушения инструмента. Кроме того, от условий эксплуатации инструмента зависят теплопередача от заготовки к штампу, условия контактного трения, особенности возникновения и развития разгарных трещин. Наконец, фазовые и структурные превращения в поверхностном слое инструмента происходят не только в связи с тепловым, но и силовым воздействием деформируемого металла на инструмент.

Развиваемые в процессе штамповки контактные напряжения иногда превышают допустимые значения напряжений для металла инструмента. В результате этого имеет место смятие рабочих кромок матриц, пресс-кажд, образование глубоких трещин. Поэтому очень важно знать силовой режим деформирования и уровень контактных напряжений.

Одним из простых методов экспериментального определения нор-

мальных контактных напряжений является метод фольговых датчиков, предложенный Я.М.Охрименко с сотрудниками.

На рис. 1 представлена схема измерения σ_k с помощью фольговых датчиков. Нормально к контактной поверхности инструмента 1 просверливаются отверстия малого диаметра и закрываются фольгой 2 из достаточно прочного и пластичного металла. После деформации металла на фольге остаются выпуклые отпечатки, по высоте которых h судят о распределении нормальных напряжений по поверхности контакта. Используется фольга толщиной 0,1-0,3 мм. Диаметр отверстия в инструменте составляет 1,0-0,3 мм.

Однако эпюра нормальных контактных напряжений, построенная таким образом, не отражает действие напряжений в рассматриваемой точке, так как они получены без учета сопротивления затекания металла в отверстие. Действительное контактное давление

$$\sigma_k = \sigma_p + \sigma_s, \quad (1)$$

где σ_p - зафиксированное контактное давление;

σ_s - давление, зависящее от условий затекания металла в отверстие.

Тарировка датчиков производится полиуретаном в замкнутом объеме при различных значениях гидростатического давления σ (рис. 2). Шайба 1 с датчиками 2 устанавливается в контейнере 3. При нажатии на пуансон 5 силой P в зауженной полости контейнера с помощью полиуретана 4 создается гидростатическое давление. Нормальное напряжение σ , действующее на поверхности шайбы, определяется по выражению

$$\sigma = \frac{P}{F_k}, \quad (2)$$

а высота лунок

$$h_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^N h_i}{N},$$

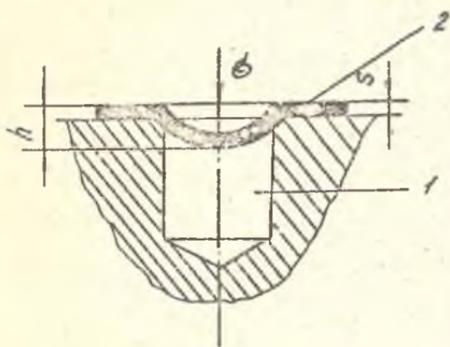
где F_k - площадь контактной поверхности, $F_k = \frac{\pi D^2}{2} (1 - \frac{2t}{D})$;

N - число отверстий на шайбе;

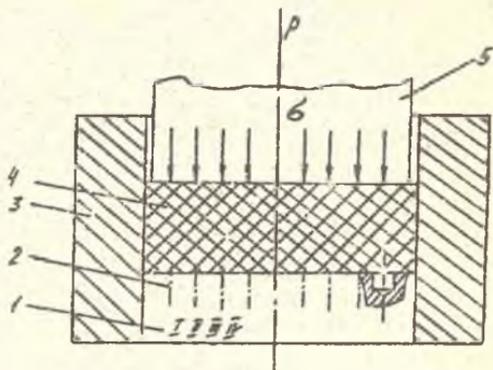
t - толщина полиуретановой шайбы;

h_i - высота лунки в i -м отверстии;

D - диаметр контейнера для тарировки.



Р и с. 1. Схема измерения контактных напряжений с помощью фольговых датчиков



Р и с. 2. Тарировочный штамп

Метод фольговых датчиков имеет недостатки:

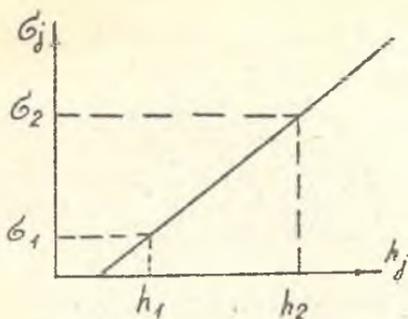
1. Неидентичность условий при образовании отпечатка на фольге в процессе тарировки и эксперимента.
2. Фольговые датчики замеряют давление лишь в ограниченном количестве мест контактной поверхности. Измеренная величина давления является средней.

Оборудование, инструмент, материалы

1. Универсальная машина ЦДМУ-30.
2. Инструмент для тарировки.
3. Открытый разборный штамп.
4. Цилиндрические заготовки диаметром 40 мм и высотой 40 мм из свинца.
5. Пластины из остоженной алюминиевой фольги толщиной 0,3 мм.
6. Микрометр.
7. Ацетон, сухая ветошь.

Порядок выполнения работы

1. Изучить конструкцию оснастки для тарировки.
2. Тарировку датчиков осуществлять на машине ЦДМУ-30 ступенчатым нагружением датчиков. Нагружение производится в диапазоне усилий пресса от 0 до 150 кН с интервалом 50 кН.



Р и с. 3. Тарировочный график

$$\frac{\sigma_2 - \sigma_1}{\sigma_2 - \sigma_1} = \frac{h_2 - h_1}{h_2 - h_1},$$

где σ_1, σ_2 - числовые значения контактных напряжений и высоты
 h_1, h_2 отпечатков двух точек графика $\sigma_j = f(h_j)$.

(3)

3. Сборка оснастки по схеме (рис. 4) и штамповка заготовки до максимального усилия $P = 200$ кН. Штамповка заготовки 2 осуществляется между верхней 1 и нижней 2 гравировками штампа.

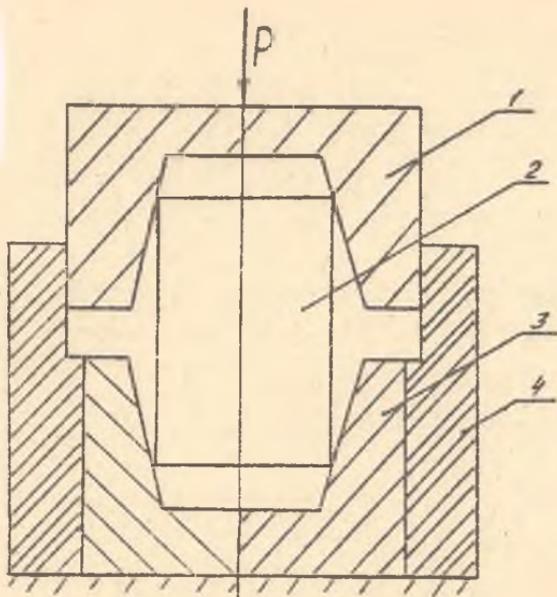
В качестве исследуемого металла используется свинец. Постановка эксперимента по пластическому деформированию в горячем состоянии связана со значительными трудностями. Поэтому процесс горячей деформации обычно моделируют на свинце.

4. Измерение высоты отпечатков. Фольгу с отпечатками отверстий в инструменте осторожно отделить от заготовки, следя за тем, чтобы не произошло никаких искажений вмятанных отпечатков. Далее с помощью микрометра измеряется высота отпечатков. По тарировочному графику или формуле (3) определяются нормальные напряжения и строятся эпюры распределения нормальных напряжений на контакте: деформируемый металл-инструмент.

Содержание отчета

1. Эскизы фольговых датчиков, тарировочного приспособления, схемы открытого штампа.
2. Тарировочный график.
3. Результаты эксперимента.
4. График эпюры относительных нормальных напряжений.
5. Выводы.

На каждом j - этапе при тарировке измеряется высота на фольге микрометром. По величине усилия P вычисляют значение σ_j по формуле (2). Далее строится тарировочный график в координатах (рис. 3). Данная зависимость $\sigma_j = f(h_j)$ может быть аппроксимирована линейной функцией по формуле



Р и с. 4. Схема открытого разборного штампа

Контрольные вопросы

1. Что в основном определяет условия работы штампового инструмента?
2. Сущность метода фольговых датчиков для определения нормальных контактных напряжений.
3. На каких участках штампового инструмента нормальные контактные напряжения наибольшие?
4. Укажите резервы повышения прочности штампового инструмента.
5. Недостатки метода фольговых датчиков.

Библиографический список

1. Штампы для горячего деформирования металлов: Учеб. пособие М.А.Тылкин, Д.И.Васильев, А.М.Рогачев и др.; Под общей ред. М.А.Тылкина. М.: Высш.шк., 1977. 496 с.
2. Тепловые процессы при обработке металлов и сплавов давлением: Учеб. пособие /Н.И.Яловый, М.А.Тылкин, П.И.Полужин и др. М.: Высш. шк., 1973. 631 с.

Лабораторная работа № 2 (4 часа)

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОНТАКТНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ ПРИ БЕЗОПРАВНОМ ВОЛОЧЕНИИ ТРУБ

Ц е л ь р а б о т ы: освоение метода разрезной волоки для определения средних контактных напряжений и коэффициента трения при волочении; изучение устройства, принципа действия тензометрических датчиков сопротивления и их включения с усилителем для тензометрических измерений типа "ТА-5".

Краткие теоретические сведения

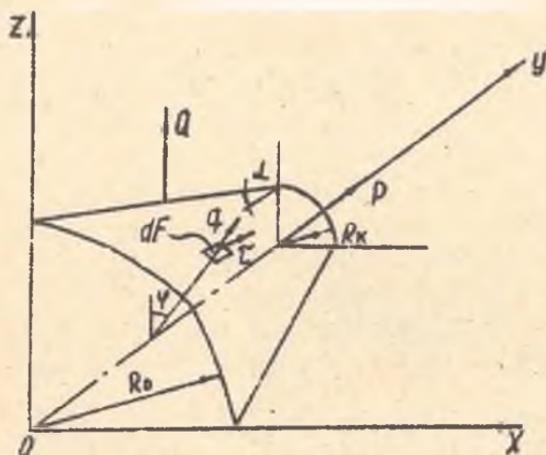
Контактные напряжения, возникающие на поверхностях скольжения инструмента и обрабатываемого материала, оказывают существенное влияние на силовые параметры процесса, неравномерность напряженно-деформированного состояния металла, вызывает износ инструмента и ухудшает качество поверхности готового изделия.

Сравнительно простым и достаточно достоверным является метод определения средних нормальных контактных напряжений q , касательных контактных напряжений τ и коэффициента трения f при волочении с помощью разрезной волоки, предложенный А.А. Динником в 1951 году. Контактные напряжения определяются из условия равновесия сил, действующих на волоку (рис. 1):

$$P = 4 \left[\int_{F_k} q \sin \alpha dF + \int_{F_k} \tau \cos \alpha dF \right], \quad (1)$$

$$Q = 2 \left[\int_{F_k} q \cos \alpha \cos \varphi dF - \int_{F_k} \tau \sin \alpha \cos \varphi dF \right]. \quad (2)$$

- где P - усилие влечения,
 Q - усилие распора половинок волок,
 α - угол конусности волокна,
 dF - элементарная площадка на обжимной поверхности очага деформации,
 F_k - площадь 1/4 части контактной поверхности,
 φ - угол наклона площадки dF к оси Z .



Р и с. 1. Схема сил, действующих на поверхность конической волокна

Расчет dF производится по формуле

$$dF = \frac{R}{\sin \alpha} dR d\varphi, \quad (3)$$

здесь R - текущий радиус.

После интегрирования 1 и 2, учитывая, что R суммируется от R_0 до R_k , а φ изменяется от 0° до $\pi/2$, получим

$$P/\pi = (R_0^2 - R_k^2)(\varphi - \varepsilon \operatorname{ctg} \alpha), \quad (4)$$

$$Q = (R_0^2 - R_K^2)(q \operatorname{ctg} \alpha - \tau). \quad (5)$$

Учитывая, что трение изменяется по закону Кулона-Амонта (f - коэффициент трения), по уравнениям (4), (5) находятся f и τ :

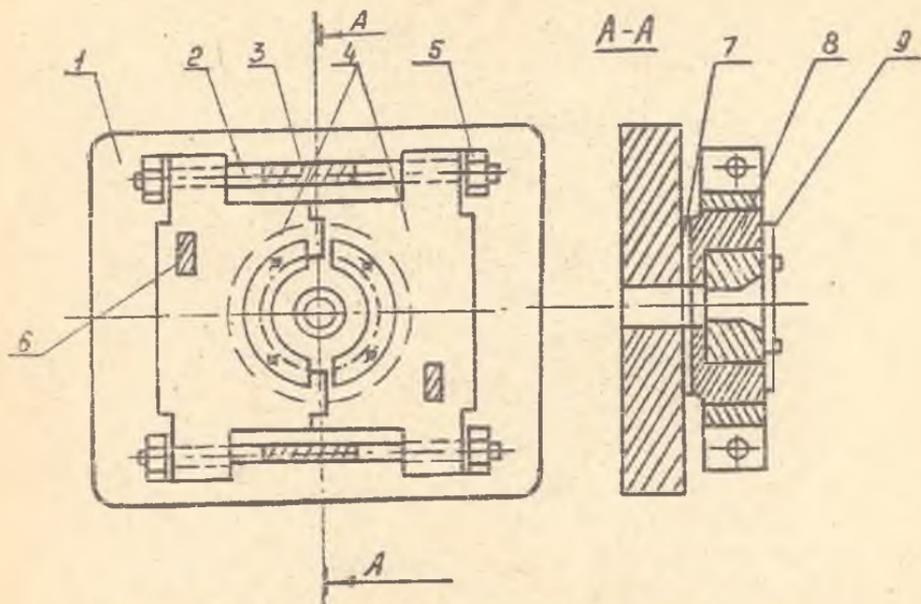
$$f = \frac{P - \pi Q \operatorname{tg} \alpha}{\pi Q + P \operatorname{tg} \alpha}, \quad (6)$$

$$q = \frac{Q}{(R_0^2 - R_K^2)(\operatorname{ctg} \alpha - f)}. \quad (7)$$

Устройство для определения усилия распора половинок волок

Определение поперечного усилия Q можно осуществить с помощью устройства (рис. 2), состоящего из опорной плиты 1, на которой устанавливаются подвижные траверсы 4. В гнездах траверс устанавливаются половинки волок 8. Траверсы вместе с половинками волок стягиваются шпильками 2 с помощью гаек 5. Собственно распорное усилие Q определяется с помощью фольговых датчиков сопротивления 3, наклеенных на шпильки, и тензометрического усилителя ТА-5. Уменьшение сил трения между подвижными траверсами и опорной плитой осуществляется за счет установки фторопластовой прокладки 7 со смазкой.

Принцип работы устройства заключается в следующем. При растяжении в результате взаимодействия протягиваемого изделия с инструментом в последнем возникает распирающее усилие Q . При использовании волок, состоящих из двух половинок, распирающее усилие проявляется в стремлении разжать половинки волок. Поскольку половинки волок установлены в гнездах траверс, подвижных относительно друг друга и опорной плиты, распорное усилие передается на шпильки с наклеенными тензодатчиками. Распорное усилие Q определяется по калибровочным графикам зависимости усилия распора от тока сигнала. Величина тока сигнала определяется с помощью тензометрического усилителя ТА-5. Для предотвращения затекания металла проволочиваемого изделия в щели разъёмной волоки и образования "лампасов" необходимо предварительно скать половинки волоки с усилием, равным 120% усилия распора Q . В общем виде погрешность измерения f и Q определяется соотношениями



Р и с. 2. Схема устройства для определения усилия распора

$$\varepsilon_f = \frac{\Delta f}{f(\bar{P}, \bar{Q})} 100\%, \quad \Delta f = \sqrt{\left(\frac{\partial f}{\partial P}\right)^2 \Delta P^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial Q}\right)^2 \Delta Q^2}; \quad (8)$$

$$\varepsilon_q = \frac{\Delta q}{q(\bar{P}, \bar{Q})} 100\%, \quad \Delta q = \sqrt{\left(\frac{\partial q}{\partial P}\right)^2 \Delta P^2 + \left(\frac{\partial q}{\partial Q}\right)^2 \Delta Q^2}, \quad (9)$$

где $\Delta f, \Delta q$ - поверительные интервалы для f и q соответственно;

$\varepsilon_f, \varepsilon_q$ - погрешность измерения f и q ;

$f(\bar{P}, \bar{Q}), q(\bar{P}, \bar{Q})$ - значения f и q при средних значениях P и Q ;

$\Delta P, \Delta Q$ - поверительные интервалы P и Q ,

$$\Delta P = S_P t, \quad \Delta Q = S_Q t;$$

t - критерий Стьюдента, для $\alpha = 0,95$ и $n = 3$ (количество опытов), $t = 4,3$ (число степеней свободы $f = 2$);

$S_{p,q}$ - дисперсия опыта по определению P и Q .

Расчет дисперсии производится по выражению

$$S_{p,q} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}{f}}, \quad (I0)$$

где y_i, \bar{y} - текущее и среднее значения P и q в опытах.

После преобразований

$$\Delta f = \frac{\pi(1 + \operatorname{tg}^2 \alpha)}{Q \alpha + \bar{P} \operatorname{tg} \alpha} \sqrt{\bar{Q}^2 \Delta P^2 + \bar{P}^2 \Delta Q^2}, \quad (II)$$

$$\Delta q = \frac{\Delta Q}{(R_0^2 - R_k^2)(\operatorname{ctg} \alpha - f)}. \quad (I2)$$

Определение параметров с помощью тензодатчиков

Действие тензометрического датчика основано на изменении сопротивления R чувствительного элемента, выполненного из проволоки или фольги, при его деформации. Сопротивление R определяется по формуле

$$R = \rho \frac{l}{S}, \quad (I3)$$

где ρ - удельное электросопротивление тензочувствительного элемента;

l, S - длина и площадь поперечного сечения тензочувствительного элемента соответственно.

Изменение сопротивления происходит по двум причинам:

а) в результате изменения длины l и площади поперечного сечения S элемента;

б) в результате изменения удельного сопротивления ρ материала.

В пределах упругой деформации изменение R в зависимости от относительной деформации $\epsilon_l = \Delta l / l_0$ носит линейный характер:

$$\Delta R = \alpha R_0 \epsilon_l, \quad (I4)$$

где ΔR - изменение сопротивления тензочувствительного элемента;
 R_0 - его начальное сопротивление;
 w - коэффициент тензочувствительности.

Коэффициент тензочувствительности w является важнейшей характеристикой тензодатчика и представляет собой отношение величины относительного изменения сопротивления $\epsilon_R = \frac{\Delta R}{R_0}$ к относительному удлинению $\epsilon_l = \frac{\Delta l}{l_0}$, вызвавшему это изменение:

$$w = \frac{\epsilon_R}{\epsilon_l} \quad (15)$$

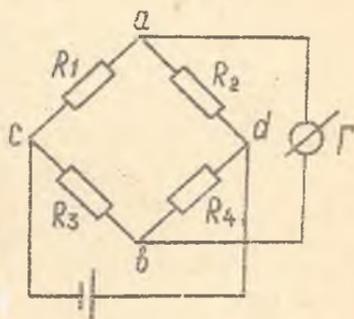
Чем выше w , тем выше чувствительность датчика и, следовательно, точность измерений.

При измерении с помощью тензодатчиков широко применяется мостовая схема их включения (рис. 3). Мост составлен из четырех сопротивлений, из которых R_1 - датчик, R_2, R_3, R_4 - постоянные сопротивления. К одной из диагоналей моста (ad) подведено питающее напряжение, к другой (cb) подключен измерительный прибор Γ . Условием балансировки моста, т.е. отсутствием тока в измерительном приборе, является равенство

$$R_2 R_3 = R_1 R_4 \quad (16)$$

При этом $U_{cb} = 0$. Если теперь вследствие деформации сопротивление R_1 наклеенного на исследуемую деталь датчика изменится на величину ΔR , то через измерительный прибор будет проходить ток \mathcal{I} .

Наиболее часто определение интересующих параметров (усилия, формы изменения, упругой деформации и т.д.) производится следующим образом. Предварительно в лабораторных условиях строятся тарировочные графики зависимости тока сигнала разбалансировки моста от величины исследуемого параметра. Реальные значения параметра определяются по величине тока сигнала разбалансировки моста в реальном процессе и тарировочному графику.



Р и с. 3. Мостовая схема включения тензодатчиков

Деформационные параметры можно определять без построения тарировочных графиков, зная \mathcal{I} и коэффициент тензочувствительности по формуле (10). Однако при этом возможна значительная погрешность измерений.

Коэффициент тензочувствительности материалов, используемых для изготовления тензодатчиков, обычно не превышает 2,0-3,5. Поэтому величина полезного сигнала, вызванного деформацией датчика, незначительна. Например, при достаточно высоком уровне напряжений $\sigma = 1000$ МПа относительное удлинение $\epsilon_e = \frac{\sigma}{E} = \frac{100}{2 \cdot 10^4} = 5 \cdot 10^{-3}$ и соответственно $\epsilon_R = \pi \epsilon_e = 2,5 \cdot 10^{-3} = 0,01\%$, т.е. 1%. Следовательно, изменение напряжений на 10 МПа приведет к изменению сопротивления датчика всего на 0,01%. Прямая регистрация сигнала тензодатчика требует применения приборов с высокой чувствительностью. Известно, однако, что с повышением чувствительности частотный диапазон регистрируемых прибором сигналов резко падает. Поэтому прямая регистрация сигнала может быть реализована только при измерении статических деформаций. Для регистрации быстроменяющихся сигналов, возникающих при динамическом силовом нагружении исследуемой конструкции, необходимы приборы с широким частотным диапазоном (например, осциллографические гальванометры). Но вследствие их низкой чувствительности сигнал требуется подвергнуть промежуточному усилению с помощью специального тензометрического усилителя. Для обеспечения стабильности работы усилителя питание мостовой схемы осуществляется от источника переменного тока, частота которого в несколько раз превышает частоту изучаемого процесса. Переменный ток при этом выполняет по отношению к полезному сигналу те же функции, что и несущая частота в радиовещании. На выходе усилителя несущая частота подвергается фильтрации, и на регистрирующий прибор поступает только усиленный полезный сигнал.

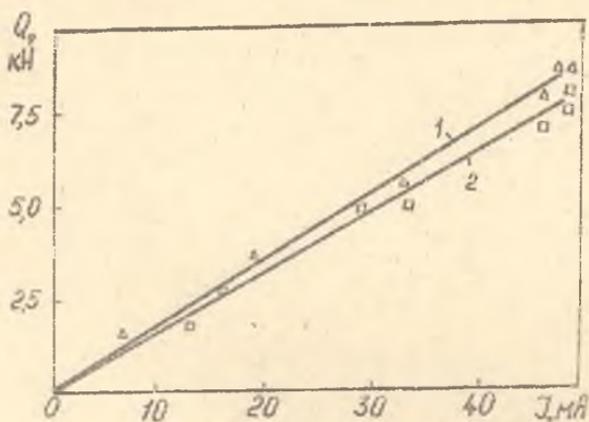
Тензодатчики сопротивления имеют ряд недостатков. Сопротивление тензодатчика изменяется в связи с изменением температуры. Из-за различия коэффициентов линейного расширения чувствительного элемента тензодатчика и материала детали, на которую он наклеен, в тензодатчике возникают температурные напряжения. Резкое уменьшение ошибки достигается за счет температурной компенсации. Для этого в качестве сопротивления R_3 в мостовой схеме (см. рис. 3) применяется компенсационный датчик, который имеет те же характеристики,

что и измерительный, и находится в тех же температурных условиях. В таком случае изменение температуры приводит к синхронному и одинаковому изменению сопротивлений измерительного и компенсационного датчиков. Балансировка моста при этом сохраняется неизменной.

При нагружении и последующей разгрузке датчика его сопротивление не возвращается к первоначальному значению. Это явление называется механическим гистерезисом. Для уменьшения ошибки иногда применяют предварительную "тренировку" датчика, заключающуюся в циклическом приложении нагрузки к детали с наклеенным тензодатчиком.

При протекании по тензодатчику тока его сопротивление даже при отсутствии внешней нагрузки медленно изменяется, вызывая соответствующее отклонение стрелки контрольного прибора от исходного нулевого уровня. Такое явление называется "дрейфом нуля". Ошибка измерений при этом может быть уменьшена, если в процессе съемок при разгрузке конструкции производить корректировку и определять новое положение нуля, от которого в дальнейшем и ведется отсчет.

Для уменьшения погрешности измерений на траверсах 4 (рис. 2) были наклеены компенсационные тензодатчики 6. Активные датчики сопротивления 3 были подвергнуты механической "тренировке". Тарировочные графики датчиков 3 представлены на рис. 4.



Р и с. 4. Тарировочный график

Подготовка усилителя ТА-5 к измерениям

Усилитель ТА-5 представляет собой усилительное устройство, состоящее из четырех однотипных четырехламповых усилителей. Работа одного из каналов усилителя происходит следующим образом: активный, компенсационный датчик и обмотки трансформатора усилителя мощности синусоидальных импульсов образуют измерительный мост, который запитывается напряжением 6 вольт и частотой 7000 герц. Датчики при воздействии деформации меняют свое сопротивление, вследствие чего происходит разбаланс моста, и на его диагонали появляется напряжение несущей частоты, модулированное напряжением деформации. Это напряжение через устройство, балансирующее измерительные мосты и делитель, поступает на усилитель, а затем на кольцевой детектор, который выделяет сигнал модулирующей частоты, пропорциональный величине и соответствующий направлению деформации.

Подготовка к измерению сводится к балансировке сигналов кольцевых детекторов, а также проверке коэффициентов усиления усилителя.

1. Вставить в усилитель пульт настройки и включить выключатель "сеть". Выключатель "тарировка" должен быть отключен. Дать усилителю прогреться 15 минут.

2. Настроить кольцевой детектор:

а) поставить на делителе все переключатели П в положение "0" переключатели П2 и П3 в положение "0" и на пульте настройки переключатель П4 в положение, соответствующее настраиваемому каналу;

б) вращая на настраиваемом канале ось потенциометра "рег.нуль" установить стрелку миллиамперметра пульта настройки на отметку "0". Для более точной настройки нажать кнопку "К". Настройку произвести на всех каналах усилителя.

3. Проверить коэффициент усиления усилителей. Для этого поставить все переключатели П в положение "К" и, устанавливая переключатель П4 пульта настройки в положения I, II, III, IV, замерить по миллиамперметру величину контрольного сигнала на выходе каждого канала усилителя. Величина контрольного сигнала должна быть 30 ± 1 мПа.

4. Настроить нулевые сигналы измерительных мостов усилителя по амплитудной составляющей:

а) поставить переключатель пульта настройки в положение, соответствующее настраиваемому каналу;

б) поставить на усилителе переключатели П2 и П3 в положение "С";

в) переключая на настраиваемом канале усилителя переключатель П1 в положение от 10 до 0,25, установить на диапазоне 0,25 потенциометрами R и C по миллиамперметру пульта настройки сигнал минимальной величины;

г) настройку произвести на всех каналах усилителя, после чего законтрить оси потенциометров "С" цапговыми зажимами.

5. Настроить нулевые сигналы измерительных мостов усилителя по активной составляющей:

а) установить переключатели П1 усилителя на нужные диапазоны измерения;

б) поставить переключатели П2 и П3 в положение "R";

в) устанавливая П4 на пульте настройки в положение, соответствующее настраиваемому каналу, и вращая ручку потенциометра "R", установить ручку миллиамперметра на отметку "0";

г) для более точной настройки нажать кнопку "К", настройку произвести на всех каналах усилителя.

Оборудование, материалы, приборы.

Волочение производится на универсальной растяжной машине ЦМВУ-30. Вместо верхней траверсы устанавливается устройство (см. рис. 2) в сборе. Замер усилия волочения производится по пятитонной шкале силоизмерителя с точностью ± 50 Н.

Распорное усилие Q определяется с помощью этого устройства и тензоусилителя ТА-5 по шкале пульта настройки усилителя. Заготовкой служит медная (М3) труба $\varnothing 18 \times 1,0$ мм, закованная с одного конца, длиной 300 мм. В качестве смазки используется масло "Индустриальное 30". Разъемные конические волокнистые $\alpha = 12^{\circ}$ изготовлены из стали У10 и закалены до $HRC_2 = 55-60$.

Порядок выполнения работы

1. Производится подготовка тензоусилителя ТА-5 к измерению.

2. Осуществляется волочение трех медных труб без смазки и трех со смазкой. При этом фиксируются установившиеся значения P и Q (по тарировочному графику). Результаты замеров сводятся в таблицу.

№ опы-та	Методика волочения	P, кН	P _р , кН	ΔP, кН	Q, кН	ΔQ, кН	f	τ, МПа	φ, МПа	ε _р , %	ε _φ , %	ε _τ , МПа	Δε _р , МПа	ε _φ , %
1	Без смазки													
2														
3														
1	Со смазкой													
2														
3														

Порядок обработки результатов эксперимента

1. Рассчитываются средние значения P и Q и их доверительные интервалы ΔP и ΔQ .

2. Рассчитывается значение коэффициента трения f по формуле (6) для случая волочения со смазкой и без смазки при $P = \bar{P}$ и $Q = \bar{Q}$.

3. Определяются касательные контактные напряжения τ, φ по формуле (7).

4. Рассчитывается погрешность измерений $\varepsilon_P, \varepsilon_Q, \varepsilon_\tau$. Результаты расчетов сводятся в таблицу.

Содержание отчета

1. Схема устройства для замера усилия распора половинок волок.

2. Схема включения тензочувствительных датчиков сопротивления.

3. Основные расчетные формулы.

4. Результаты эксперимента в виде табл. I.

5. Выводы по работе.

Контрольные вопросы

1. Сущность метода разрезной волоки для определения контактных напряжений при волочении.

2. Принцип действия тензочувствительного датчика сопротивления.

3. Мостовая схема включения датчиков сопротивления. Условия баланса сопротивления.
4. Недостатки тензодатчиков сопротивления.
5. Регистрация полезного сигнала тензодатчика.
6. Погрешность измерений контактных напряжений методом разрезной волоки.
7. Порядок подготовки к работе усилителя для тензометрических измерений ТА-5.

Библиографический список

1. Грудев А.П., Зильсберг В.Ю., Тилик В.Т. Трение и смазки при обработке металлов давлением: Справочник. М.: Металлургия, 1962. 312 с.
2. Немец И. Практическое применение тензорезисторов. М.: Энергия, 1970. 176 с.

Лабораторная работа № 3 (2 часа)

ИЗУЧЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СМАЗОК

Цель работы: освоение экспериментального метода определения коэффициента трения; выбор оптимального варианта технологической смазки.

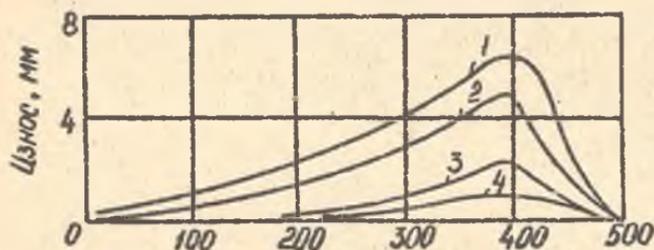
Краткие теоретические сведения

При пластической деформации в результате относительного перемещения деформируемой заготовки и инструмента на контактных поверхностях возникают силы внешнего трения, оказывающие существенное влияние на износ рабочего инструмента.

При обработке металлов давлением из существующих видов износа наиболее часто встречается тепловой и абразивный. Тепловой износ связан с разогревом инструмента и потерей его прочности под действием высоких температур. При тепловом износе происходит сваривание трущихся поверхностей в микроскопически малых участках с последующим отрывом частичек поверхности контейнера и матрицы и уносом их деформируемым металлом. Абразивный износ вызывается твердыми частицами (окалина), попадающими на поверхность скольжения. Этими частицами могут быть и сами продукты износа, например, теплового. При абразивном износе происходят процессы микроскопического деформирования и срезания поверхностных слоев металла твердыми абразивными частицами вследствие относительного скольжения деформируемого металла и инструмента.

В процессе работы наиболее интенсивному износу подвергается поверхность деформирующего инструмента. Например, при прессовании

наиболее интенсивно разрушаются контейнер и матрица. На рис. 1 показана кинематика износа втулки контейнера. Наибольший износ отмечается на длине распрессованной заготовки. Это объясняется тем, что в начальный момент прессования возникают максимальные силы трения. С приближением к матрице износ втулки уменьшается и в зоне прессостатка имеет незначительную величину. Матрица наиболее интенсивно изнашивается в области рабочих поясков. Износ выражается в разности процессов схватывания, сопровождаемых отделением и уносом чешуи металла матрицы.



Р и с. 1. Кинематика износа втулки контейнера в зависимости от количества отпрессованного металла: 1 — 190 т; 2 — 165 т; 3 — 80 т; 4 — 35 т

Масса изношенного слоя Q находится в прямой зависимости от величины сил трения $Q = R\tau$. Для расчета сил трения необходимо пользоваться опытными константами (коэффициентами трения).

Величина сил трения в расчетах процессов ОМД наиболее часто определяется одним из следующих законов трения:

1. Закон Кулона-Амонтона, когда сила трения выражается в виде доли нормального давления σ_N $\tau = f\sigma_N$.

2. Закон Зибеля, когда сила трения выражается в виде доли сопротивления деформации $\tau = fS_d$, где S_d — напряжение текучести.

Эффективным средством для нейтрализации отрицательного действия внешнего трения являются технологические смазки, которые вводятся на поверхности контакта деформируемого металла с инструментом. Разделительный слой смазки, окраивая трущиеся поверхности, снижает износ и увеличивает стойкость инструмента.

Технологические смазки должны удовлетворять следующим требованиям:

формировать надежную и прочную пленку, полностью экранирующую поверхность деформируемого металла и рабочего инструмента;

обладать значительно меньшим сопротивлением сдвигу по сравнению с деформируемым металлом;

обеспечивать низкий коэффициент трения и минимум усилий деформирования;

иметь высокую вязкость и выдерживать высокие удельные нагрузки, деформироваться вместе с металлом без разрушения;

быть технологичными, т.е. легко наноситься на заготовку и инструмент и не вызывать затруднений при удалении ее с поверхности изделий;

обеспечивать получение высокого качества поверхности изделий; служить охлаждающей или теплоизолирующей средой, что снижает разогрев инструмента.

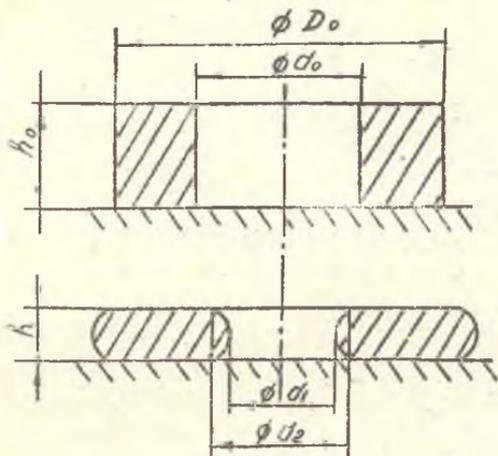
Наиболее распространенным показателем оценки эффективности технологических смазок является коэффициент трения. В данной работе для определения коэффициента трения предлагается использовать метод осадки кольцевых образцов. Этот метод прост в осуществлении и пригоден для различных материалов и температурно-скоростных условий. Применяется при определении коэффициента трения в процессах прессования,ковки,штамповки и др.

Сущность метода заключается в следующем. Берут цилиндрический образец с круглым отверстием. Образец изготавливается из деформируемого металла с соотношением размеров $D_0 = 2d_0, h_0 = 2/3d_0$ (рис. 2).

Испытуемая смазка наносится на образец или инструмент. Инструмент представляет собой плоские бойки, выполненные из того же материала, что и деформирующий инструмент в реальном процессе. Далее образец осаживается в осевом направлении. Получаемая форма деформируемого кольца определяется условиями контактного трения. Изменение внутреннего диаметра кольца в зависимости от конечной высоты образца h является высокочувствительным показателем оценки сил трения и характеризуется степенью деформации по диаметру

$$\delta d = \frac{d_0 - d}{d_0} 100\% .$$

(I)



Р и с. 2. Образец для определения коэффициента трения: а - до деформации; б - после деформации

Изменение высоты h - степень деформации по высоте

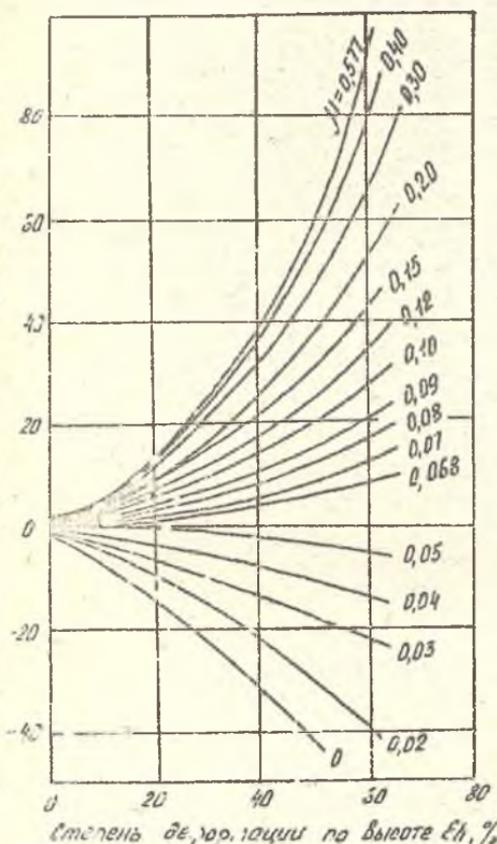
$$\varepsilon_h = \frac{h_0 - h}{h_0} 100\% . \quad (2)$$

По расчетным значениям степени деформации по диаметру ε_d , высоте ε_h и тарифному графику (рис. 3) определяют значение коэффициента трения f .

Оборудование, инструмент, материалы

1. Универсальная испытательная машина ЦДМУ-30.
2. Образцы: соотношение наружного, внутреннего диаметров и высоты 6:3:2. Материал образцов - свинец марки С0.
3. Комплект плит из стали 3х2В8Ф.
4. Комплект смазок: графит, масло "индустриальное 30", полиэтилен.
5. Ацетон, сухая ветошь.
7. Штангенциркуль.

Степень деформации по вытравленной высоте $\epsilon_d, \%$



Р и с. 3. Тарировочный график для определения коэффициента трения по осадке кольцевых образцов

и по номограмме (см. рис. 3) определить значения коэффициента трения f .

б. Для всех случаев построить графики изменения усилия осадки от коэффициента трения f .

Составление отчета

1. Фотографы кольцевых образцов до и после осадывания, схема измерений.

Порядок выполнения работы

1. Измерить исходные размеры кольцевых образцов, при этом образцы нумеруются.

2. Подготовить образцы к испытанию: первый образец - обезжирить, второй - смазать графитом, третий - маслом И-30.

3. Провести сжатие образцов до степени деформации равной 50%. При сжатии фиксировать максимальное усилие осадывания.

4. Измерить конечные геометрические размеры образца (см. рис.2) h, d', d'' . Эти измерения проводятся дважды в двух взаимоперпендикулярных направлениях. Все данные заносятся в протокол, причем $d = (d' + d'')/2$.

5. Вычислить значения ϵ_d, ϵ_h по формулам

2. Расчетные формулы.
3. Результаты эксперимента.
4. Выводы относительно характера влияния природы технологической смазки на величину коэффициента трения и усилия деформирования.

Контрольные вопросы

1. Основные требования, предъявляемые к технологическим смазкам.
2. Как определяется величина коэффициента трения f по осадке кольцевых образцов?
3. Виды износа деформирующего инструмента.
4. Назовите законы для расчета сил трения.
5. Особенности износа поверхности контейнера и матрицы.
6. Каков характер зависимости величины f от исследуемых факторов процесса трения?

Библиографический список

1. Г р у д е в А.П., З и л ь б е р г В.Ю., Т и л и к В.Т. Трение и смазки при обработке металлов давлением: Справочник. М.: Металлургия, 1982. 312 с.
2. Л е в а н о в А.Н. и др. Контактное трение в процессах обработки металлов давлением. М.: Металлургия, 1976. 190 с.
3. К о к р о ф т М.Р. Смазка в процессах обработки металлов давлением. М.: Металлургия, 1970. III с.

ДВОУМЕРНЫЙ ИНСТРУМЕНТ

Составители: К а р г и н Владимир Родионович,
Г о р ш к о в Юрий Сергеевич

Редактор Л.Я.Ч е г о д а е в а
Техн. редактор Г.А.У с а ч е в а
Корректор Е.Д.А н т о н о в а

Подписано в печать 24.01.92. Формат 60x84¹/₁₆.
Бумага оберточная. Печать офсетная. Усл.печ.л. 1,4.
Усл.-кр.отт. 1,5. Уч.-изд.л. 1,4. Тираж 150 экз.
Заказ ~ 31. Бесплатно.

Самарский ордена Трудового Красного Знамени
авиационный институт имени академика С.П.Королева.
443086 Самара, Московское шоссе, 34.

Участок оперативной полиграфии Самарского
авиационного института. 443001 Самара,
ул. Ульяновская, 18.