

УДК 621.7

ИСТИННОЕ НАПРЯЖЕНИЕ ТЕКУЧЕСТИ МЕТАЛЛОВ И СПОСОБЫ ЕГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ

А. М. Греков, М. Б. Береснев

Вятский государственный технический университет,
г. Киров, Россия

Рассмотрено изменение истинных напряжений текучести при растяжении и сжатии. Предложена методика определения истинных напряжений текучести, учитывающая влияние контактных сил трения на изменение схемы напряженного состояния. Приведены опытные данные по эффективности различных смазочных материалов при пластической деформации сжатием.

ИСТИННОЕ НАПРЯЖЕНИЕ И ЕГО ОСОБЕННОСТИ ПРИ РАСТЯЖЕНИИ И СЖАТИИ

В большинство математических разработок теории обработки металлов давлением в качестве одной из главных составляющих формул входит истинное сопротивление металла пластическому деформированию σ_s . Эта величина, как правило, определяется при растяжении образцов. Однако она используется для расчетов при самых различных схемах упруго-пластического сжатия [1—3]. Мы полагаем, что такой подход к использованию значений σ_s является не всегда подходящим, так как в зависимости от температурно-скоростных факторов, условий приложения нагрузки и широкого интервала изменения степени деформации существенно меняется величина истинного напряжения. Все это в конечном итоге сказывается на окончательных результатах при определении силовых параметров.

Эксперименты показали, что при растяжении образцов сопротивление металла пластическому деформированию с увеличением степени деформации постоянно возрастает. В то же время, при сжатии высоких образцов сопротивление вначале возрастает, затем понижается, остается постоянным и снова возрастает. Для установления различия в значениях истинных напряжений при разных схемах деформирования нами были проведены серии опытов. Растяжению и сжатию подвергались образцы, изготовленные из различных материалов — свинец, сталь 3, электротехническая сталь, алюминий, медь и др. Растяжению подвергались образцы диаметром $d_0 = 14, 20$ и 36 мм, а сжатию — диаметром $d_0 = 36$ мм, высотой $h_0 = 72$ и 90 мм. Диаграммы растяжения и сжатия снимались с помощью электротензометра. Все необходимые замеры (диаметры, высоты, усилия и т. д.) фиксировались через равные интервалы степени деформации. Причем при растяжении, до появления шейки, степень деформации определялась по изменению базовой длины цилиндрической части образца ($l = 10 d$) и его диаметра — с появлением шейки только по изменению поперечного сечения самой шейки.

Необходимо отметить, что на исследованной части растягиваемого свинцового образца визуально наблюдается не одна, а две-три и более шеек. Это интересное явление, связанное с разупрочнением металла и формой образца, пока мало изучено и требует специального исследования. В нашем эксперименте с появлением последующих шеек поперечная деформация подсчитывалась по наименьшему поперечному сечению. Опытные данные показали, что с увеличением степени деформации величина σ_s возрастает, причем интенсивнее в начальный период деформирования, на участке $\epsilon = 0-15\%$, и умереннее — в последующие периоды.

Класс шероховатости поверхностей осадочных плит изменялся от 4 до 10. Соответственно для каждого образца строились по три кривых, ординаты которых, являющиеся функциями площадей поперечных сечений (контактной, бочки и приведенной), приравнялись к условным напряжениям сжатия (рис. 1).

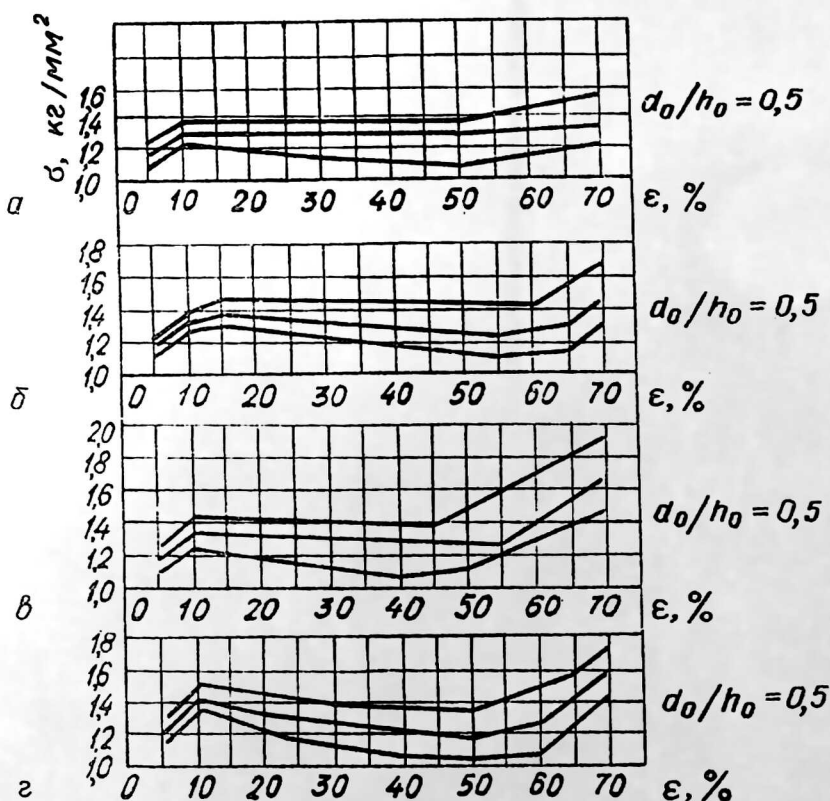


Рис. 1. Изменение средних напряжений (1 — по контакту, 2 — приведенной площади, 3 — бочке) при сжатии свинцовых образцов штампами соответственно 4, 6, 8 и 10-го классов (а—г) шероховатости

Результаты, полученные при растяжении и сжатии, показали, что только в начальный момент деформирования (на участке $\epsilon = 10\text{--}12\%$) истинное напряжение при сжатии на $8\text{--}10\%$ больше σ_s при растяжении. В дальнейшем, с увеличением сжатия вплоть до 60% , величина сопротивления металла, полученная при сжатии, становится меньше на $15\text{--}20\%$, чем при растяжении.

Строго говоря, мы не имеем права утверждать в обоих случаях пластического деформирования о линейном напряженном состоянии. Оно изменяется с появлением шейки при растяжении (первая шейка была зафиксирована уже при $\epsilon = 8\text{--}10\%$) и образовании бочки при сжатии.

С появлением и развитием шейки, да еще не одной, а нескольких, линейная схема напряжений переходит в объемную схему (рис. 2), которая распространяется от центра тела к его поверхности. К этому добавляется влияние различных внутренних физических процессов, например, упрочнение и разупрочнение, рекристаллизация и др. Это указывает на сложность явлений, имеющих место на участках образования шеек.

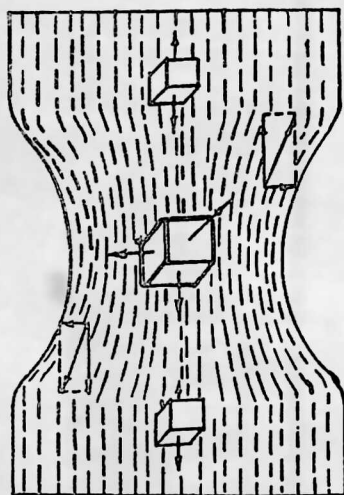


Рис. 2. Напряженное состояние шейки при растяжении

Еще более сложная картина явлений наблюдается в осаживаемом теле при наличии контактных сил трения и вызванном ими бочкообразовании. Если при растяжении изменение схемы напряженного состояния появление шеек увеличивает его сопротивление деформированию, то при осадке высоких образцов, наоборот, — понижает. В период деформирования свинца имеет место физическое разупрочнение, как и при горячей обработке металлов давлением, что указывает, хотя и косвенно, на прекращение роста удельных усилий деформирования в интервале степеней деформаций $12\text{--}55\%$. Отмеченное явление связывают с уменьшением потенциальной энергии в объеме металла. Оно происходит как за счет возникновения и роста новых зерен (с увеличением суммарной поверхности зерен накопленная в теле потенциальная энергия уменьшается), так и за счет падения общей доли упругой деформации деформированных зерен ввиду направленного движения дислокации. Все это со временем переходит в релаксационный процесс.

Учитывая влияние контактных сил трения на изменение схемы напряженного состояния при сжатии, во второй серии экспериментов для нахождения истинных напряжений использовали методику Л. А. Шофмана [4]. На рис. 3 приведены кривые удельных усилий деформирования q , полученные по результатам опытов на сжатие образцов из свинца, алюминия и меди при разных отноше-

ях $d_0/h_0 = 2; 3; 3,5; 4,0$ (кривые 1—4). Характер их положения показывает возрастание значений q с ростом степени деформации, более интенсивных для меди и алюминия, менее — для свинца. На рост удельных усилий деформирования оказывают влияние физическое упрочнение и контактные силы трения. Влияние последних на σ_s можно свести к минимуму. С этой целью кривые (см. рис. 3) последовательно пересекаем вертикалями, абсциссы которых соответствуют степеням деформации, равным 5, 10, 15 % и т. д. Ординаты точек пересечения с одинаковыми степенями обжатия переносим на диаграмму с координатами d/h (рис. 4). Вершины этих ординат соединяем плавными кривыми и продолжаем их до пересечения с осью ординат, для которой $d/h = 0$. Отрезки, отсекаемые на оси ординат указанными кривыми, с некоторым приближением определяют величины истинных напряжений при степенях деформации, равных 5, 10, 15 % и т. д. при отсутствии пластического трения. На рис. 5 построены кривые упрочнения свинца, алюминия и меди при сжатии методом экстраполяции.

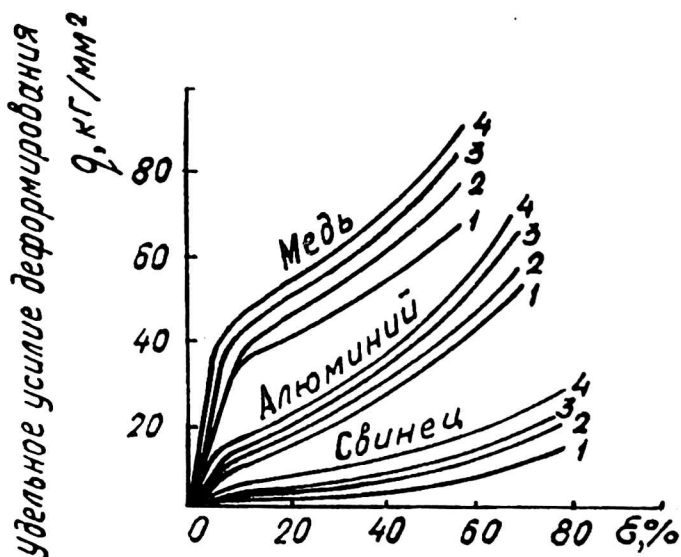


Рис. 3. Кривые удельных усилий деформирования свинца, алюминия и меди при сжатии

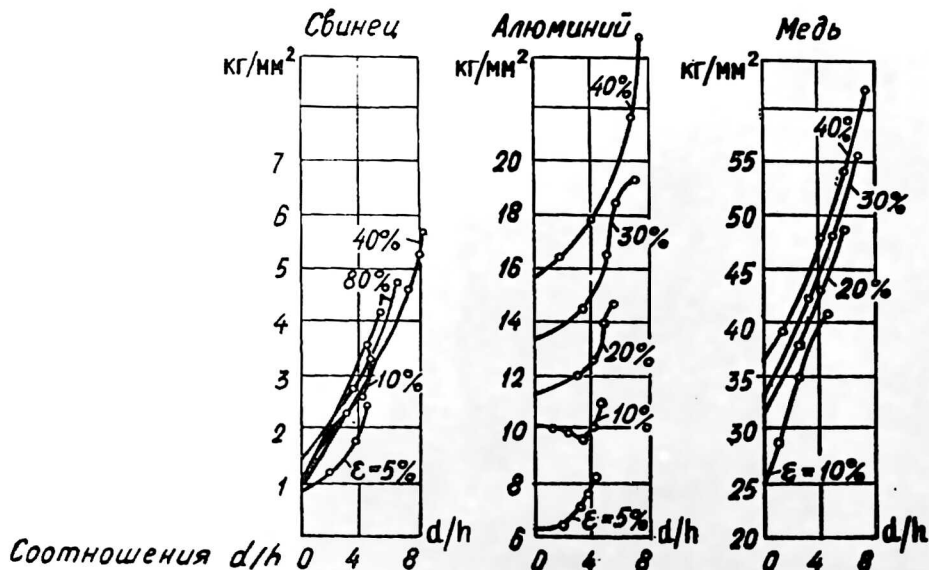


Рис. 4. Зависимость удельных усилий деформирования от соотношений d/h

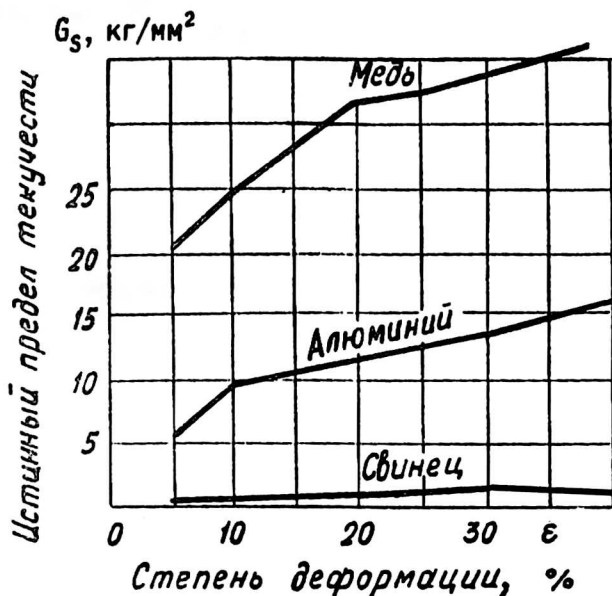


Рис. 5. Кривые упрочнения свинца, алюминия и меди, построенные методом экстраполяции

Следует заметить, что само построение экстраполированных кривых и нахождение по ним истинных напряжений текучести вызывает у нас сомнение в правильности полученных результатов на различных этапах деформирования. Действительно, если проанализировать кривые, изображенные на рис. 4, то мы увидим, что кривая, соединяющая вершины отложенных ординат с одинаковыми степенями деформации, в некоторых случаях пересекает нулевую ось ординат в разных местах. Это зависит от того, через сколько таких вершин она проходит — через три или более, и какова плавность ее соединения. Особенно ощутимая погрешность σ_s здесь происходит при более высоких степенях обжатия, когда вершина исследуемой ординаты на значительном расстоянии от нулевой ординаты.

Иногда для одной степени обжатия мы получаем ряд значений истинных напряжений, чего в действительности не бывает. В наших экспериментах при $\epsilon \geq 20\%$ путем экстраполяции получались даже отрицательные значения σ_s .

Таким образом, по способу Л. А. Шофмана не всегда можно получить надежные данные о значениях истинных напряжений в широких пределах изменения степени деформации.

Проанализируем результаты экспериментов по методу наложения кривых удельных усилий давления. В опытах использовались образцы с разным отношением диаметра к высоте $d_0/h_0 = 2,0; 2,5; 3,0; 4,0$ мм (рис. 6, кривые 1—4). В процессе проведения опыта снимались показания усилий с динамометра и подсчитывались текущие размеры образцов d и h , радиусы концентрических окружностей ρ , приведенные площади $F_{пр}$ и удельные усилия деформирования:

$$\rho = \frac{\rho_0}{\sqrt{1-\epsilon}}; \quad \frac{d}{h} = \frac{d_0}{h_0(1-\epsilon)\sqrt{1-\epsilon}};$$

$$F_{пр} = \frac{F_0}{1-\epsilon}; \quad q = \frac{P}{F} = \frac{P}{F_0}(1-\epsilon),$$

где P — усилие деформирования;
 F — текущая площадь контактной поверхности;
 ϵ — степень деформации.

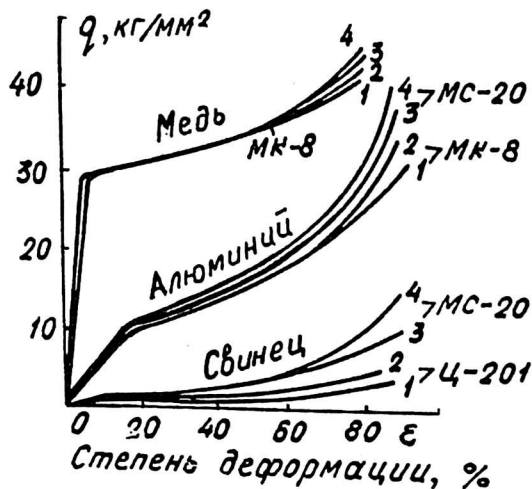


Рис. 6. Графики удельных усилий деформирования, построенные по схеме сжатия образцов из меди, алюминия и свинца на полированных плитах со смазкой

Деформации подвергались свинцовые, алюминиевые, медные и стальные образцы на полированных плитах со смазкой различной композиции: Циатин-201, касторовое масло, машинное масло и др. По опытным данным строились графики удельных усилий деформирования: $q = \frac{P}{F_{пр}}$ (см. рис. 6).

Построенные кривые позволили судить об эффективности смазочных материалов и определить ориентировочно начало развития неравномерной деформации. Там, где кривые удельных усилий деформирования для разных соотношений диаметра образца к его высоте располагались рядом или накладывались одно на другое, мы имеем дело с деформацией, близкой к равномерной. И, наоборот, разветвление этих кривых указывает на возрастание влияния контактных сил трения на процесс деформирования, а с ним и на схему напряженного состояния: линейная схема переходит в объемную. Начинает развиваться неравномерная деформация.

Опыт показал, что для получения деформаций, близких к равномерной, наилучшие показатели дают следующие смазочные материалы: для свинца — Ц201 (приблизительная граница раздела равномерной деформации с неравномерной находится в пределах $\epsilon = 55-60\%$), для алюминия и меди — МК-8 (соответственно, $\epsilon = 50-55\%$ и $60-65\%$). На этих же материалах ($d_0 = 20$ мм) проводились опыты на растяжение.

Анализ экспериментальных данных при растяжении и сжатии свинца и алюминия показывает, что они мало чем отличаются друг от друга на участке деформирования в пределах $\epsilon = 0-10\%$. С ростом степени деформации истинное сопротивление деформированию на сжатие больше, чем на растяжение. В процентном отношении это составляет 12—20%. Для хрупких материалов такое сравнение провести не представляется возможным.

В наших экспериментах как при растяжении, так и при сжатии была использована часть опытных образцов из неотожженной меди. Если на сжатие со смазкой и без нее медь пластически деформировалась без разрушения до степеней обжатия, равных 70—80%, то при растяжении образцы уже разрывались при $\epsilon = 0,2-0,4\%$.

Как отмечалось выше, расхождения между удельными усилиями деформирования, полученные в результате обжатия образцов на полированных плитах со смазкой при разных отношениях d_0/h_0 , являются незначительными, и в среднем для меди и алюминия их относительная величина не превышает 5% (до $\epsilon = 55-60\%$).

Другой вид очертания кривых q (см. рис. 3) получается при деформировании металла на плитах низкого класса чистоты без применения смазки. На всем протяжении ведения опыта, как отмечалось выше, наблюдается веерное расположение кривых удельных усилий деформирования, т. е. с увеличением геометрического фактора d/h при равных других условиях значения q возрастают. Следовательно, использование масла МК-8 как смазочного вещества при сжатии меди и алюминия позволяет свести к минимуму влияние контактных сил трения на рост величины сопротивления металла пластическому деформированию до степени деформации, равной 60 %.

СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ИСТИННЫХ НАПРЯЖЕНИЙ

На контактные поверхности цилиндрических образцов диаметром 30 мм ($d_0/h_0=1$) наносятся концентрические окружности с интервалом 1,5 мм. С одной стороны, по ним производится отсчет приращения соответствующих радиусов, а с другой — они нужны для удержания смазки.

Образцы с обильно смазанными контактными поверхностями подвергаются сжатию между зеркально-полированными плоскими плитами до различных степеней деформации ($\epsilon = 5-80\%$, с интервалом 5 % на универсальной машине ЦД-100).

Запись диаграмм изменения нормальных усилий деформации как при растяжении, так и при сжатии осуществлялась с помощью высокочувствительного электротензометра. По окончании деформирования образца при помощи катетометра КМ-6 замеряются радиусы или расстояния между окружностями. Их значения сравниваются с теоретическими величинами радиусов тех же окружностей или с интервалом между окружностями, которых они достигли бы при равномерной деформации тела, т. е.:

$$\rho \frac{\rho_0}{\sqrt{1-\epsilon}} \text{ или } u = \frac{u_0}{\sqrt{1-\epsilon}};$$

$$K_T = \frac{\rho - \rho_k}{\rho} = \frac{u - u_k}{u},$$

где ρ_0 и ρ , u_0 и u — соответственно, размеры и расстояния между концентрическими окружностями до и после деформирования при отсутствии контактного трения;

ρ_k и u_k — радиусы и интервалы окружностей контактной поверхности с учетом сил трения;

K_T — коэффициент торможения частиц металла на контактной поверхности, предложенный для учета неравномерности деформации.

По опытным данным строятся графики зависимостей контактного торможения исследуемого материала в зависимости от степени деформации и применяемой смазки. Анализ таких кривых позволит установить отклонения формоизменений от равномерной деформации в широком диапазоне изменения ϵ , и на основе этого построить кривые упрочнения.

Для установления влияния сил трения на изменение величины σ_s и на ход построения кривых упрочнения необходимо ввести дополнительный граничный коэффициент торможения $K_{тр}$. В целях определения граничного коэффициента торможения проводится дополнительный эксперимент, для чего берутся образцы, которые осаживаются как с применением смазки, так и без нее, до одинаковых степеней деформации. Из полученных опытных данных знаем, что для данной степени деформации на контакте обжатых образцов со смазкой торможения частиц металла не происходит, а осуществляется равномерная деформация

в геометрическом и физическом смысле. После сжатия замеряются расстояния между зафиксированными точками, определяется их средняя величина $u_{х.ср}$ и по формулам

$$K_T = \frac{u - u_k}{u} \cdot 100\% \text{ и через напряжения } \Delta\sigma_x = \frac{\sigma_{ср} - \sigma_s}{\sigma_{ср}} \cdot 100\%$$

подсчитываются коэффициенты торможения и прироста контактных нормальных напряжений за счет сил трения. Если превышение величины среднего напряжения $\sigma_{ср}$ (сжатия без смазки) над истинным напряжением течения σ_s в процентах при определенном $K_{T,ср}$ достигнет значения 1 % (сверх средней величины погрешности измерения), то в этом случае средний коэффициент торможения следует именовать граничным коэффициентом торможения на контакте $K_{T,гр}$.

Таким образом, все коэффициенты торможения, полученные в процессе эксперимента и по своим значениям расположенные ниже величины $K_{T,гр}$, характеризуют линейную схему деформирования, а в случае превышения его — объемную (неравномерную деформацию), причем по величине коэффициента торможения можно установить рост истинных напряжений течения за счет изменения контактных условий в абсолютных и относительных единицах. Все это свидетельствует о том, что практически возможно построить графики кривых упрочнения при сжатии для любого материала до степеней деформации, равных 50—60 %, но не выше.

СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРИРАЩЕНИЙ ИСТИННЫХ НАПРЯЖЕНИЙ ТЕКУЧЕСТИ ПРИ СЖАТИИ

В теории обработки металлов давлением хорошо известна физическая взаимосвязь между отношением удельного усилия деформирования к истинному напряжению текучести q/σ_s и текущим отношением d/h , т. е. $q/\sigma_s = f\left(\frac{d}{h}\right)$ [1—3].

Этот физический закон и был положен в основу предлагаемого способа.

При растяжении одноосное равномерно-напряженное состояние происходит лишь до момента появления шейки. Для большинства сталей, обрабатываемых давлением в холодном состоянии, степени деформации, при которых появляется местное сужение на испытываемых образцах, составляют максимум 30 %.

Следовательно, надо искать пути определения σ_s при более высоких величинах ε только из условия сжатия. Экспериментально доказано, что силы трения на контактной поверхности при сжатии металла проявляют себя через отношения d/h (текущие размеры цилиндрических образцов). Именно d/h влияет на изменение напряженного состояния тела и величину удельного усилия деформирования, и тем значительнее, чем больше это отношение. Опытные данные позволили установить закономерность между отношением удельного усилия деформирования к истинному напряжению текучести и отношением d/h при заданном классе шероховатости осадочных плит.

Анализ теоретических и экспериментальных кривых по определению удельных усилий деформирования показывает, что независимо от выбора первоначального отношения d_0/h_0 конечный результат отношения q/σ_s окажется одинаковым, если при этом достигаются (при деформировании цилиндрических образцов) равные конечные значения d/h . Если бы в процессе деформирования не происходило физического упрочнения металла, то получили бы и равные величины удельных усилий деформирования. В связи с тем, что металл все-таки упрочняется, значения q будут не одинаковы, и расхождение их тем заметнее, чем шире интервал деформации при сжатии.

Следовательно, конечная бочкообразная форма образца, контактные условия с их зонами прилипания и скольжения, внутреннее строение очага деформации в равной степени оказывают влияние на величину q/σ_s . Что касается величин q , то они разнятся между собой настолько, насколько упрочняются зерна металла в соответствующем интервале изменения степени деформации. Следовательно, разность $q_2 - q_1 = \Delta q$ (при $\varepsilon_2 > \varepsilon_1$ и $\frac{d_2}{h_2} = \frac{d_1}{h_1}$) есть не что иное, как приращение истинного напряжения текучести $\Delta\sigma_s$ при изменении степени деформации от ε_1 до ε_2 .

Для определения приращений истинных напряжений в интервале, например, $\Delta\varepsilon = 5\%$ (наиболее приемлемый интервал) на всем протяжении деформирования, необходимо обжечь образец (будем именовать его первым) с начальным отношением $d_0/h_0 = 1$ (можно осаживать образцы и с другим отношением), снимая при этом с силовометра пресса деформирующее усилие, начиная при $\varepsilon = 15\%$, затем при $\varepsilon = 20, 25, 30\%$ и т. д. до $\varepsilon = 95\%$.

Отношение текущих размеров d/h для указанных степеней деформации определяем по формуле (используя закон постоянства объема при пластическом деформировании):

$$\frac{d}{h} = \frac{d_0}{h_0(1-\varepsilon)^{3/2}},$$

где ε — степень деформации.

Например, при $d_0 = h_0$ и $\varepsilon = 30\%$

$$\frac{d}{h} = \frac{1}{(1-0,3)^{3/2}} = 1,71.$$

Зная конечные значения d/h при степенях деформации $\varepsilon = 15, 20, 25, 30\%$ и т. д., мы определяем начальные размеры новых образцов ($d_0 = \text{const}$) для всех проб (h_0 — переменная величина), которые будут подвергнуты сжатию между плитами, что и первый образец, но со степенями деформации на 5% меньше, чем полученные ранее значения на определенном этапе обжигания. Только таким путем мы добьемся равенства конечных отношений размеров d/h для образцов с разными начальными размерами. В предлагаемом способе можно использовать плиты любого класса шероховатости. В нашем примере при $\varepsilon_1 = 30\%$ получим $d/h = 1,71$. Для получения этого отношения на другом образце, но при $\varepsilon_2 = 25\%$, необходимо решить следующее равенство:

$$\frac{d_0}{h_0} = \frac{d}{h}(1-\varepsilon)^{3/2} = 1,71(1-0,25)^{3/2} = 1,103.$$

Таким образом, нам известны все соотношения для образцов, последовательно обжигаемых на тех же плитах, что и первый, со степенью деформации $\varepsilon = 10\%$ (на 5% все время меньше, чем в первом случае), $15, 20, 25\%$ и т. д. до $\varepsilon = 90\%$.

Перейдем к определению удельных усилий деформирования q для образцов, обжигаемых до одинаковых отношений конечных размеров d/h по формулам:

$$q_1 = \frac{P_1}{F_1}; \quad q_2 = \frac{P_2}{F_2},$$

где P_1 — деформирующее усилие при осадке первого образца при конкретном

P_2 — деформирующее усилие при обжатии образца (второй этап) при ε_2 , меньшем на 5 %, чем ε_1 ;

$$F_{1(2)} = \frac{\pi d_{1(2)}^2}{4} \text{ — приведенная площадь поперечного сечения образца;}$$

$$d_{1(2)} = 1,13 \sqrt{v_0 / h};$$

v_0 — первоначальный объем.

Разность $\Delta q = q_1 - q_2$ и есть приращение истинного напряжения в заданном интервале степени деформации (в нашем примере $\Delta \varepsilon = 5\%$) за счет деформационного упрочнения металла. Остальные факторы, влияющие на рост сопротивления пластическому деформированию, взаимно компенсируются. Если эта разность приблизится к нулю и в дальнейшем останется равной ему, то мы можем утверждать, что деформационного упрочнения не происходит. При этом степень деформации, при которой Δq стало равным нулю, следует считать порогом упрочнения.

Получив приращения Δq для каждого участка с интервалом $\Delta \varepsilon = 5\%$, можно построить кривую упрочнения, но для этого надо иметь первоначальную величину σ_s при $\varepsilon = 10\%$ (с этой степени деформации мы и начали наш опыт). Ее мы можем определить с высокой степенью точности при осаивании образца между плоско-параллельными полированными плитами со смазкой (на контактные поверхности образца наносятся концентрические окружности с интервалом в 1,5 мм и глубиной 0,5 мм для удержания смазки). Интервал изучения истинных напряжений текучести с помощью этого способа значительно раздвинулся и равен от 0 до 95 % степени деформации.

Предлагаемый способ позволит зафиксировать порог упрочнения металла при его пластическом деформировании и найти закономерность изменения истинного предела текучести. Он достаточно прост и доступен в любой лаборатории, занимающейся вопросами определения механических свойств металлов.

В лабораторных условиях проведены эксперименты по определению истинных напряжений на сжатие цилиндрических образцов. Материалы — медь, стали 5, 10, 45, 12МЗА и др. В первой серии опытов отношение диаметра к высоте равнялось единице, т. е. $d_1/h_1 = 1,0$ ($d = 28,5$ мм; $h_0 = 28,5$ мм), во второй серии — отношение $d_1/h_1 = 1,09$ ($d_2 = 28,5$ мм; $h_2 = 26,12$ мм).

До проведения опытов были построены графики зависимости d/h от высотной деформации ε для обеих серий образцов. По ним определяем значения степеней деформации при равных величинах отношений d/h ($d_1/h_1 = 1,0$ и $d_2/h_2 = 1,09$) (рис. 7), строим этот график в большом масштабе и до $\varepsilon = 95\%$. Именно при данных степенях деформации с силоизмерителями испытательной машины ЦД-100 снимались показания деформирующего усилия, а по нему — и удельное усилие деформирования.

Разность удельных усилий деформирования при равных конечных отношениях d/h , но отличных по степеням деформации, позволили найти приращения истинных напряжений в соответствующих интервалах и построить кривые упрочнения при сжатии (рис. 8).

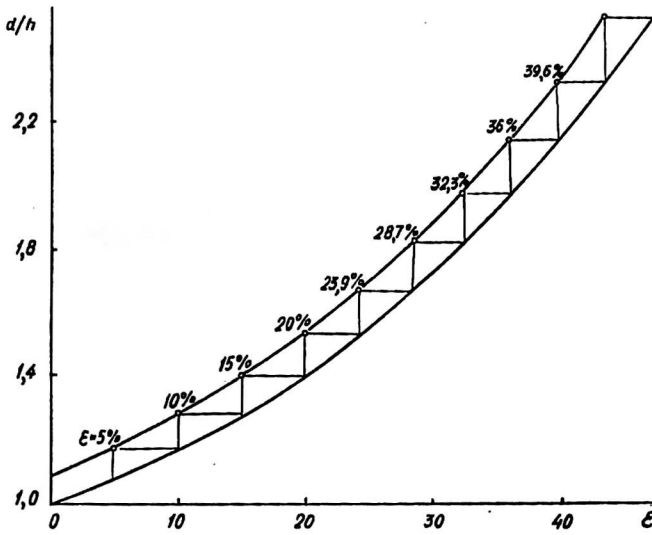


Рис. 7. График зависимости d/h от высотной деформации ϵ

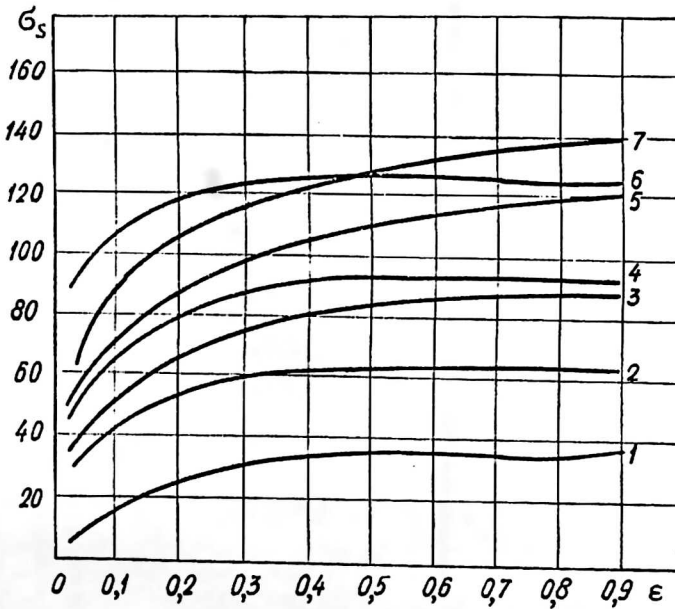


Рис. 8. Кривые упрочнения при сжатии образцов из разных марок сталей: 5; 10; 12ХН3А; 45; 3Х2В84; 40ХМВ; 5ХНМ (соответственно, кривые 1—7)

Литература

1. Сторожев М. В., Попов Е. А. Теория обработки металлов давлением: Учебник для вузов. Изд. 4-е, перераб. и доп. — М.: Машиностроение, 1977. — 423 с.
2. Унксов Е. П., Джонсон У., Колмогоров В. Л. и др. Теория пластических деформаций металлов/Под ред. Е. П. Унксова, А. Г. Овчинникова. — М.: Машиностроение, 1983. — 598 с.
3. Тарновский И. Я., Поздеев А. А., Ганаго О. А. и др. Теория обработки металлов давлением. — М.: Metallurgizdat, 1963. — 672 с.
4. Шофман Л. А. Основы расчета процессов штамповки и прессования. — М.: Машгиз, 1951.

THE TRUE YIELD STRESS OF METALS AND METHODS OF ITS DETERMINATION

A. M. Grekov, M. B. Beresnev

Vjatska State Technical University, Kirov, Russia

Change of true yield stress at tension and compression has been considered. Some methodic of determination of true yield stress taking into consideration the influence of contact force of friction on the changing of stressed state scheme have been suggested. Some experimental data on efficiency of different lubricants at plastic compression deformation have been given.