

**МЕХАНИКА ДЕФОРМИРУЕМОГО ТВЕРДОГО ТЕЛА,  
СЫПУЧИХ ТЕЛ, ГРУНТОВ И ГОРНЫХ ПОРОД**

УДК 621.771 (075.8)

Машеков Серик Акимович – д.т.н., профессор (Алматы, КазНТУ)  
Секербек Аймангуль Мейрамкызы – к.т.н. (Темиртау, ТПТК)  
Абсадыков Бахыт Нарикбаевич – к.т.н., доцент (Алматы, КБТУ)

**ПОДГОТОВКА КОНСТРУКЦИИ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ  
ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ РАЗМЕРОВ СПЕЦИАЛЬНОГО  
ОБРАЗЦА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЙ НА СДВИГ**

Изучение влияния сдвиговой деформации на качество заготовок и подтверждение положительного воздействия сдвиговой деформации на свойства металлоизделий имеет важное научно-практическое значение. Однако, влияние сдвиговой деформации на структуру и качество металлопродукции в обработке металлов давлением недостаточно исследовано. Это связано с тем, что в настоящее время оптимальная конструкция образца для проведения испытаний на сдвиг не предложена.

Для исследования влияния простого сдвига на структуру металлов и сплавов в работе [1] предложен специальный образец. Однако, в данной работе конструкция предложенного образца не полностью исследована и не определены оптимальные геометрические размеры.

Цель исследования – определение оптимальных геометрических размеров специального образца, используемого для проведения испытаний на сдвиг.

Для определения оптимальных размеров специального образца на простой сдвиг были рассчитаны местные напряжения в растянутом специальном образце (рисунок 1) с использованием следующих формул [2]:

- номинальное напряжение в основном сечении

$$\sigma_I = \frac{P}{F_o} = \frac{P}{2 \cdot b \cdot S_o}; \quad (1)$$

- номинальное напряжение в ослабленном сечении

$$\sigma_{II} = \frac{P}{F_1} + \frac{P \cdot b}{2 \cdot W} = \frac{P \cdot (S_o + 3b)}{b \cdot S_o^2}; \quad (2)$$

- максимальное местное напряжение вблизи краев

$$\sigma_{\max} = \alpha_\sigma \cdot \sigma_{II} = \alpha_\sigma \left[ \frac{P \cdot (S_o + 3b)}{b \cdot S_o^2} \right]; \quad (3)$$

- напряжение на плоском ослабленном участке, где волокна металла деформируются в условиях простого сдвига [3]

$$\sigma_{xy} = \sigma_{yx} = 2 \cdot M / F_2 b = P / l \cdot S_1, \quad (4)$$

где  $b$  – ширина ослабленного участка ( $b = 7$  мм, рисунок 1);  $S_o$  – толщина основного сечения ( $S_o = 5$  мм);  $W$  – момент сопротивления изгибу;  $P$  – продольная сила;  $F_o, F_1, F_2$  – площади основного и ослабленного поперечного сечения а также плоского ослабленного участка;  $S_l$  – толщина ослабленного участка ( $S_l = 2$  мм);  $l$  – длина ослабленного участка ( $l = 10$  мм);  $\alpha_\sigma$  - коэффициент концентрации ( $r/b = 4/7 = 0,57$  и  $\alpha_\sigma = 1,4$ ).

Результаты расчета напряжения по формулам (1) – (4) показали, что наибольшее по величине напряжение возникает на плоском ослабленном участке. Поэтому при растяжении данного образца на его плоском ослабленном участке сосредотачивается вся деформация и данный участок деформируется в условиях простого сдвига.

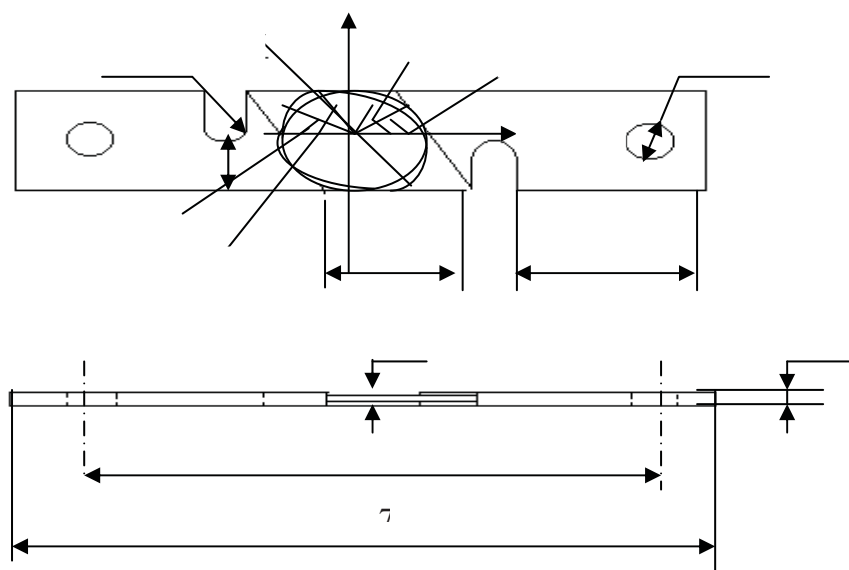


Рисунок 1. Специальные образцы для испытания на простой сдвиг

На рисунке 1 показаны сечения шара и эллипсоида, центры которых совмещены с плоскостью  $xOy$ . Окружность, в который переходит эллипс, можно построить графически. Так как деформация однородная, любое прямолинейное материальное волокно укорачивается, либо удлиняется и поворачивается, переходя в прямолинейное волокно.

Относительное удлинение (укорочение) любого материального волокна, лежащего в плоскости  $xOy$ , можно найти по формуле [3]:

$$\varepsilon_n = \sqrt{1 + \delta \cdot \sin 2\varphi_o + \delta^2 \sin^2(\varphi_o - 1)}, \quad (5)$$

где  $\delta = \text{tg}\gamma$  – относительный сдвиг;  $\varphi_o$  – положение материального волокна до деформации.

Волокна, задаваемые углами  $\pi/2 \geq \varphi_o > 0$ , только удлиняются; задаваемые углами  $\varphi_o = 0$  и  $\varphi_o = \pi$  не меняют длины; задаваемые углами  $\pi > \varphi_o > \pi/2$  вначале укорачиваются, а затем удлиняются.

При испытании образцов с полученными размерами предполагалось, что степень деформации сдвига будет равномерной и иметь большую величину.

Проверку правильности полученных результатов осуществляли путем проведения экспериментов. Для этого было изготовлено пять специальных образцов (рисунок 2) с оптимальными размерами из стали СтЗсп (0,14 % C; 0,62 % Mn; 0,25 % Si; 0,038 % P; 0,011 % S; 0,06 % Cr; 0,04 % Ni; 0,08 % Cu; 0,018 % Al). Данная сталь выплавлена

кислородно-конвертерным способом, разлита на машине непрерывного литья заготовок и прокатана на станах горячей и холодной прокатки.

Изготовленные образцы для снятия механических напряжений, вызванных обработкой на металлорежущих станках, подвергли полному отжигу в электропечи СНО-36-2/10 при 900 °С с выдержкой 30 мин.

Образцы из стали 3сп испытывали при комнатной температуре (рисунок 3). После испытания на простой сдвиг проводили отжиг при температуре 680 °С в течение 30 мин.



Рисунок 2. Специальные образцы для испытания на простой сдвиг

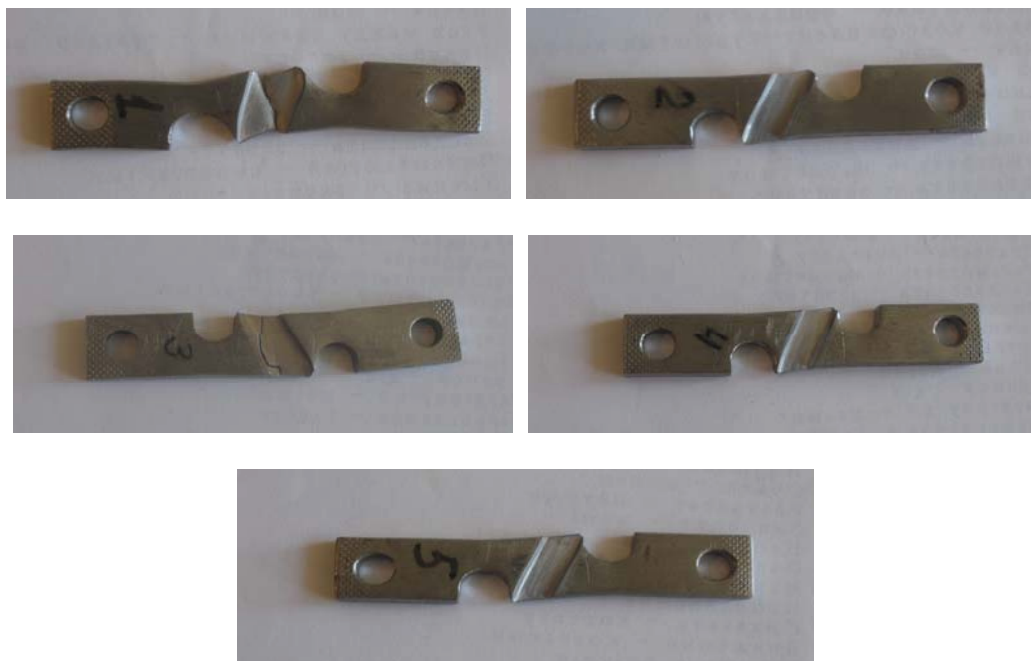


Рисунок 3. Общий вид специальных образцов после испытания на простой сдвиг

Металлографический анализ исходных и деформированных образцов был проведен на оптическом микроскопе «Axiovert-200 MAT» при увеличениях 200. Обработка изображений производилась по программе ВидеоТест «Металл 1.0».

Перед испытанием на простой сдвиг и после него микрометром измеряли толщину основного и ослабленного сечения, а на инструментальном микроскопе БМИ-1 замеряли ширину, длину основного и ослабленного участка образца с точностью  $\pm 0,005$  мм. Эксперименты показали, что в процессе испытания происходит только поворот ослабленного участка, при этом не изменяются такие параметры как толщина, ширина и длина основного и ослабленного участка. Поэтому для определения степени деформации сдвига измеряли на инструментальном микроскопе БМИ-1 угол поворота ослабленного участка и полученные данные поставляли в известную формулу [4]:

$$\Lambda = \operatorname{tg}\varphi_1 - \operatorname{tg}\varphi_0, \quad (5)$$

где  $\varphi_0$  и  $\varphi_1$  – углы наклона ослабленного участка до и после испытания.

Изучение микроструктуры стали СтЗсп показало, что деформация специальных образцов в условиях простого сдвига приводит к существенному измельчению исходной грубозернистой структуры. Если в исходном состоянии структура образцов на простой сдвиг имела величину зерна феррита в пределах от 45 до 63 мкм (балл зерна № 5 – 6, рисунок 4), то после деформации со степенью деформации сдвига 0,05 величина зерна феррита равнялась от 16 до 22 мкм (балл зерна № 8 – 9, рисунок 5).

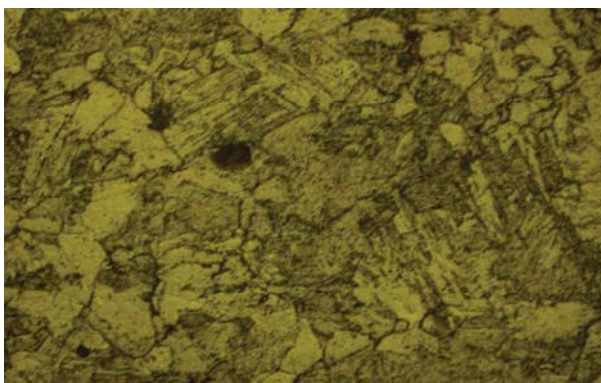


Рисунок 4. Микроструктура исходной стали СтЗсп

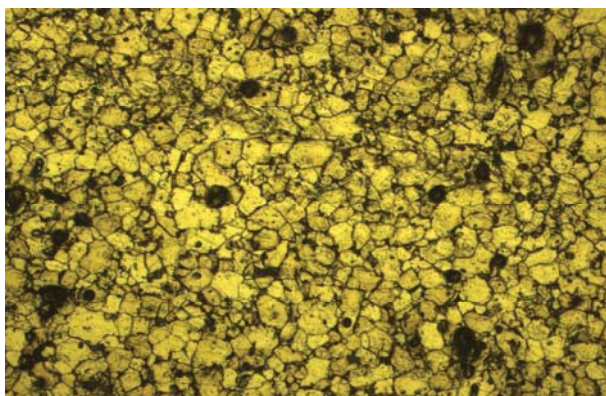


Рисунок 5. Микроструктура стали СтЗсп после деформации

### **Выводы**

Из обобщения полученных экспериментальных данных можно сделать вывод, что уменьшению величины зерна способствует деформация простого сдвига. А так как мелкозернистая структура металла влияет на повышение прочности и пластичности, целесообразно и выгодно использовать именно эту деформацию при ковке сталей и сплавов.

### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Предварительный патент на изобретение №9093/980515.1 – 4088/2. Машеков С.А., Илюхин К.Н. Опубл. в ПС, 2000, №7.
2. Долинский Ф.В., Михайлов М.Н. Краткий курс сопротивления материалов. Учебное пособие для машиностроительных вузов. М., Высшая школа, 1988, 432 с.
3. Аркулис Г.Э., Дорогобид В.Г. Теория пластичности. Учебное пособие для вузов. М., Металлургия, 1987, 352 с.
4. Богатов А.А., Мижирицкий О.И., Смирнов С.В. Ресурс пластичности металлов при обработке давлением. М., Металлургия, 1984, 144 с.

**УДК 622.245.7?622.279**

**Сейдалиев Аскар Абиевич – к.т.н. (Актау, КГУТиИ)**

### **ОБ ОПРЕДЕЛЕНИИ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОТОКА БУРОВОГО РАСТВОРА В ЗАТРУБНОМ ПРОСТРАНСТВЕ СКВАЖИН С УПРУГОВЯЗКИМИ СТЕНКАМИ**

Часто в процессе бурения и проводки скважин для оперативного контроля за состоянием ствола скважин и взаимодействием бурового раствора с окружающими ствол породами возникает необходимость исследования гидродинамических характеристик потока на основе нестационарных режимов движения бурового раствора. Нестационарные процессы могут возникать при различных операциях: пуск, остановка и изменение режима работы насосов, спуско-подъемных операций бурильного инструмента, а также режимах, возникающих при авариях (например, утечка среды). В таких ситуациях весьма важно уметь наиболее точно идентифицировать технологический процесс для выбора оптимального режима бурения и проводки скважин. Обычно при расчетах нестационарных режимов движения бурового раствора в скважинах применяется гипотеза квазистационарности, заключающаяся в том, что некоторые параметры определяются по формулам стационарного режима.

Однако эти допущения при решении прямых задач, связанных с определением расхода или давления, необходимых для проводки скважин вносят определенные ошибки в результат.

В связи с этим возникает необходимость определения некоторых практически важных параметров потока и состояния ствола скважин при различных нестационарных режимах движения бурового раствора.

Исходя из вышеуказанного, в данной статье предлагается метод определения некоторых важных параметров нестационарного движения бурового раствора, с учетом взаимодействия потока с окружающими ствол породами.

Метод основан на решении обратной задачи квазиодномерного нестационарного движения вязкопластичных жидкостей в скважинах, стенки которых идентифицируются упруговязкими средами.