



Государственный комитет  
СССР  
по делам изобретений  
и открытий

# О П И С А Н И Е ИЗОБРЕТЕНИЯ

К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ

(11) 872578

(61) Дополнительное к авт. свид-ву -

(22) Заявлено 05.02.80 (21) 2879340/22-02

с присоединением заявки № -

(23) Приоритет -

Опубликовано 15.10.81. Бюллетень № 38

Дата опубликования описания 18.10.81

(51) М. Кл.<sup>3</sup>

С 21 D 8/00  
С 21 D 9/22

(53) УДК 621.785.  
.79(088.8)

(72) Авторы  
изобретения

М. А. Барановский, О. М. Дьяконов и И. В. Качанов

Белорусский ордена Трудового Красного Знамени  
политехнический институт

(71) Заявитель

## (54) СПОСОБ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ТЕРМОМЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ШТАМПОВОЙ СТАЛИ

1

Изобретение относится к термомеханической обработке металлов давлением и может применяться в инструментально-штамповом производстве при изготовлении инструмента для горячей и холодной обработки металлов давлением.

Известен способ получения стальных изделий, включающий нагрев заготовки до температуры выше точки  $A_{c3}$ , выдержку при этой температуре, деформацию, мгновенную закалку на мартенсит и отпуск [1].

Однако при таком способе обработки стали успевают частично произойти рекристаллизационные процессы, а это приводит к снижению эффекта упрочнения полученного изделия в результате высокотемпературной термомеханической обработки (ВТМО) и, следовательно, к снижению механических и эксплуатационных свойств готового изделия.

Наиболее близким к предлагаемому по своей технической сущности являет-

2

ся способ высокотемпературной термомеханической обработки стали, включающий нагрев заготовки до 750-1000°C, упрочнение ее поверхности путем приложения импульсной нагрузки, закалку, повторный нагрев заготовки на 10-90°C выше точки  $A_{c3}$  с выдержкой при этой температуре, пластическую деформацию и мгновенную закалку с последующим отпуском на заданную твердость [2].

Однако при изготовлении изделий по данному способу из-за повторного нагрева под пластическую деформацию до температуры выше точки  $A_{c3}$  на 10-90°C и выдержки 15 мин при этой температуре значительно снижается эффект упрочнения, полученный заготовкой от действия импульсной упрочняющей нагрузки. Этому способствуют процессы снятия искажений кристаллической решетки и уменьшения плотности дислокаций в результате их аннигиляции. Кроме того, в процессе повторного нагрева

выше точки  $A_{C_3}$  и выдержки при этой температуре, а также во время пластической деформации в заготовке протекают рекристаллизационные явления. Указанные эффекты отдыха возврата и рекристаллизации, протекающие в тонкой микроструктуре сталей, обрабатываемых по указанному способу, также приводят к снижению физико-механических и эксплуатационных свойств готовых изделий. Двойной нагрев заготовки приводит к дополнительным затратам энергии и потерям металла на угар.

Целью изобретения является повышение эксплуатационных свойств изделий и снижение трудоемкости процесса.

Поставленная цель достигается тем, что согласно способу высокотемпературной термомеханической обработки штамповой стали, включающему импульсное нагружение при температуре аустенизации, горячую пластическую деформацию, закалку и отпуск, импульсное нагружение производят после горячей пластической деформации.

Способ осуществляется следующим образом.

Заготовку, предназначенную для деформации, например, закрытой штамповкой выдавливанием, нагревают до температуры выше точки  $A_{C_3}$  на  $10-90^{\circ}\text{C}$  и выдерживают при этой температуре в зависимости от размеров поперечного сечения. Затем ее помещают в матрицу штампа и производят пластическую деформацию со степенями обжатия  $45-90\%$  за проход. В результате деформации получают поковку с плоским торцом. Для упрочнения полученной поковки ее подвергают импульсному воздействию, например, ударными волнами. Ударные волны могут быть получены либо путем локального взрыва заряда на торце поковки, либо за счет соударения ее торцевой поверхности с днищем формовой полости матрицы. При этом ударные волны распространяются по всему телу поковки в виде областей возмущения, что приводит к уплотнению металла, вызывает дополнительное искажение параметров кристаллической решетки, способствует повышению плотности дислокаций по границам зерен и двойников. При этом энергия, поглощаемая материалом, обеспечивает устойчивость  $\gamma$ -фазы при охлаждении.

Если упрочнение ведется путем соударения торцевой поверхности поковки с днищем матрицы, то для обеспечения

энергии, необходимой для упрочнения поковки после деформации, общую энергию пуансона  $E_{\text{и}}$  рассчитывают по формуле

$$E_{\text{и}} = E_{\Delta} + E_{\gamma}, \quad (1)$$

где  $E_{\Delta}$  - энергия, необходимая для пластической деформации заготовки;

$E_{\gamma}$  - энергия, обеспечивающая упрочнение поковки в момент завершения пластической деформации.

Величину составляющей  $E_{\gamma}$  определяют, исходя из степени упрочнения, которую должен получить материал поковки после приложения ударного импульса.

Интенсивность волн напряжений, проходящих по поковке, считается по формуле

$$\sigma = \rho e v_{\text{к}}, \quad (2)$$

где  $\sigma$  - напряжение в волне, распространяющегося по поковке;

$\rho$  - плотность деформируемого материала;

$e$  - скорость распространения упругой деформации по материалу поковки;

$v_{\text{к}}$  - скорость соударения плоского торца с дном матрицы.

После упрочнения производят мгновенную закалку с последующим отпуском на заданную твердость.

Пример. Для изготовления толкателя к штампу кривошипного горячештамповочного прессы цилиндрическую заготовку из стали 45Х3ВЗМФС диаметром 42 мм и высотой 40 мм после нагрева до  $1190^{\circ}\text{C}$  и выдержки при этой температуре в течение 30 мин устанавливают в матрицу штампа для закрытого выдавливания. Пуансону массой 7 кг сообщается начальная скорость  $V_0$ , равная 104 м/с. В результате энергия пуансона перед соударением составляет

$$E_{\text{и}} = \frac{mV_0^2}{2} = \frac{7\text{кг}(104\text{м/с})^2}{2} = 37856 \text{ Дж.}$$

На деформацию заготовки в заданных температурно-скоростных условиях необходимо затратить энергию, равную

$$E_{\Delta} = KeV = 1,2 \cdot 400 \cdot 10^3 \text{ к Дж/м}^3 \cdot 55,3 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3 = 26544 \text{ Дж,}$$

где  $K$  - коэффициент, учитывающий КПД соударения;

$e$  - удельная энергия деформации;

$V$  - смещенный объем заготовки.

Запас энергии, обеспечивающий положение упрочняющей импульсной нагрузки, составляет

$$E_y = 37856 - 26544 = 11312 \text{ Дж.}$$

Скорость пуансона, обладающего таким запасом энергии, равна

$$V = \sqrt{\frac{2E_y}{m}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 11312 \text{ Дж}}{7 \text{ кг}}} = 56 \text{ м/с.}$$

А скорость переднего торца выдавленного стержня в момент соударения с дном матрицы равна

$$V_t = \lambda V = 56 \text{ м/с} \cdot 2,25 = 126 \text{ м/с,}$$

где  $\lambda$  - степень вытяжки, равная отношению площади сечения заготовки  $F$  к площади сечения выдавленного стержня  $f$ ,

$$\text{т.е. } \lambda = \frac{F}{f} = \frac{4,2^2}{2,8^2} = 2,25.$$

При соударении плоского торца стержня с дном матрицы по стержню распространяются волны напряжений, интенсивность которых рассчитывают по формуле (2) т.е.

$$\sigma = 7800 \text{ кг/м}^2 \cdot 5000 \text{ м/с} \cdot 126 \text{ м/с} = 49,2 \cdot 10^8 \text{ н/м}^2,$$

что приводит к упрочнению изделия.

Твердость материала в результате деформации и последнего упрочнения равна 36-38 Н Rc.

Сразу же после деформации проводят закалку в масло с последующим отпуском при 640°C. При этом твердость возрастает на стержневой части изделия до 54-57 HRC и на рабочем торце до 60-63 HRC при балльности зерна 11-13 на боковой поверхности и 9-10 в центральной зоне.

Предлагаемый способ по сравнению с известным позволяет повысить механическую прочность на 35-45%; повысить ударную вязкость в 1,5-2 раза; 5 увеличить износостойкость в 4-5 раз; снизить карбидную неоднородность на 2-3 балла; снизить трудоемкость и, соответственно, энергозатраты и потерю металла на угар за счет применения 10 однократного нагрева заготовки на 50%. При этом стойкость готовых изделий, например выталкивателей и пуансонов, повышается в 13-15 раз.

#### Формула изобретения

Способ высокотемпературной термомеханической обработки штамповой стали, включающий импульсное нагружение при температуре аустенизации, горячую пластическую деформацию, закалку и отпуск, отличающийся тем, что, с целью повышения эксплуатационных свойств и снижения трудоемкости процесса, импульсное нагружение производят после горячей пластической деформации.

#### Источники информации,

принятые во внимание при экспертизе  
1. Бернштейн М. А. Термомеханическая обработка металлов и сплавов. М., "Машиностроение", т. 2, 1968, с. 695.

2. Авторское свидетельство СССР № 559972, кл. С 21 D 9/22, 1975.

Составитель Р. Клыкova

Редактор С. Тимохина Техред М. Рейвас Корректор Г. Назарова

Заказ 8953/42 Тираж 621 Подписное

ВНИИПИ Государственного комитета СССР

по делам изобретений и открытий

113035, Москва, Ж-35, Раушская наб., д. 4/5

Филиал ППП "Патент", г. Ужгород, ул. Проектная, 4