

*Ходжибергенов Д.Т., Шеров К.Т.***УПРОЧНЯЮЩАЯ ОБРАБОТКА ПОВЕРХНОСТЕЙ ПЛАСТИЧЕСКИМ ДЕФОРМИРОВАНИЕМ***D.T. Khodzhibergenov, K.T. Sherov***STRENGTHENING TREATMENT SURFACE PLASTIC DEFORMATION**

УДК:621.91.01

*В статье рассматриваются упрочняющая обработка поверхностей пластическим деформированием.**The article deals with the hardening surface treatment plastic deformed vaniem.*

Ротационная обработка позволяет улучшить механические свойства поверхностного слоя. Характер изменения свойств обрабатываемого материала в деформационных процессах, сопутствующих механической обработке, зависит от исходных свойств этого материала, режимов деформационного воздействия и схемы деформации.

В механике сплошных сред свойства материала при деформировании принято связывать с тремя основными параметрами:  $\theta$  - С температурой при деформации; степень деформации  $\varepsilon$ ; скоростью деформации  $\dot{\varepsilon}$  с<sup>-1</sup> [1].

Считается, что знание этих трех параметров является достаточным для определения механических свойств материала, если известны законы их взаимного влияния.

Получение количественных данных, отображающих зависимость прочностных свойств материала от схемы нагружения и температурно-скоростных условий процесса резания связано с объективными трудностями. Объясняется это дополнительным влиянием трения по контактным поверхностям инструмента.

Дифференцированное влияние процессов трения при резании на свойства обработанной поверхности подробно рассматривается в работах акад. Н.Н. Зорева, Н.Д. Кузнецова, Г.И. Грановского, проф. Б.И. Костецкого,

А.Г. Гордона и т.д. Что касается влияния деформационной составляющей, хорошо исследованные области  $\varepsilon = 0,05 \dots 0,25$ ;  $\dot{\varepsilon} = 10^{-3} \dots 10^{-1}$ ;  $\theta = 20 \dots 200^\circ\text{C}$  и  $700 \dots 1200^\circ\text{C}$  соответствуют условиям стандартных прочностных испытаний и обработки материалов давлением. А в условиях изменения  $\varepsilon = 0,2 \dots 0,9$ ;  $\dot{\varepsilon} = 10 \dots 10^5$  с<sup>-1</sup>;

$\theta = 20 \dots 660^\circ\text{C}$ . Этот вопрос практически не освещен. Именно эти диапазоны параметров деформации характерны для процесса резания [2]. В метрологическом отношении корректное определение этих параметров, непосредственно в процессе резания, связано с весьма большими сложностями.

Для решения этой задачи были проведены исследования на модели имитирующей процессы деформации при резании. Диапазоны изменения температурно-скоростных параметров и отображающих напряженное состояние подбирались соответствующими процессу резания.

Схема модели представлена на рис. 1. Диск с двойным углом  $90^\circ$  обкатывается по цилиндрической заготовке 1 с приложением радиальной нагрузки. Регулирование нагрузки  $N$  осуществляется через систему рычагов подвешиванием требуемых грузов. Постоянство передаваемой нагрузки, а также демпфирование вибраций на больших скоростях обеспечивается гидростатическим подшипником 4. В результате внедрения диска под действием нагрузки образуется след, характеризуемый размерами «b», «L», «h». Ось 3 диска 2 поворачивается с таким расчетом, чтобы образующая вершины конуса лежала на линии равнодействующей скоростей обкатывания  $V$  и подачи  $S$ .

Очевидно, что деформирование материала по такой схеме, (параллельно с резанием) позволяет получить след, который можно интерпретировать, как параметр упрочнения, отражающий сопротивление деформации  $a$ .

При определении величины остаточной деформации «h», «L», «b» можно отметить для диска  $c < 90^\circ$ .

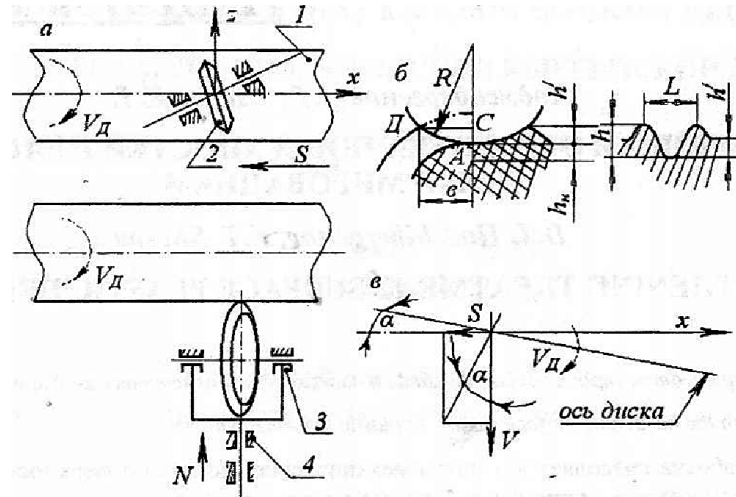


Рис. 1. Схема модели.

Параллельно с измерением следа производились измерения температуры  $\theta$  методом «естественной термомпары», микроструктурным анализом и измерением микротвердости определялся размер  $h_n$ . Наличие этих результатов позволило определить параметры  $\epsilon$  и  $\epsilon'$  при соответствующих изменениях параметров технологического процесса  $N, V, S$ . Был выявлен комплекс данных для анализа зависимостей.

$$\sigma = f(\epsilon), \sigma = f(\epsilon'), \sigma = f(\theta) \quad (1)$$

Анализ полученных результатов позволил выявить, что глубину наклепа  $h_n$  можно определять по эмпирической зависимости

$$h_i = \frac{0,175N}{s \sigma \sqrt{hb}} \quad (2)$$

где  $N$  - прилагаемая нагрузка,

$\sigma_T$  - предел текучести обрабатываемого материала;

$L, b$  - геометрические размеры следа. В таблице 1 приводятся результаты расчета и эксперимента.

Для примера на рис. 2 представлены данные полученные в условиях естественной изменяющейся температуры при деформировании сталей: *Сталь 45* и *Сталь 12X18H10T* а также серого чугуна *СЧ28*.

Анализ данных показывает, что сопротивление деформации изменяется по разным закономерностям. С увеличением скорости чугун разупрочняется без заметных изменений интенсивности. Конструкционная сталь 45 с увеличением  $V$  в целом также подвержена разупрочнению вследствие увеличения температуры  $\theta$ . Для *Сталь 12X18H10T* зависимость с заметным изменением интенсивности разупрочнения. В диапазоне  $V > 0,5$  м/с наблюдается упрочнение.

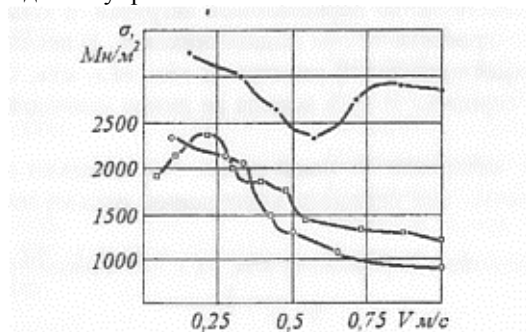


Рис. 2. Влияние скорости обкатывания на  $\sigma$  при  $N = \text{const}$ :

1. Сталь 12X18H10T  $N = 1900$  Н;
2. Сталь 45  $N = 1900$  Н;
3. Серый чугун СЧ28 - 48 Н - 1900 Н.

В целом увеличения скорости  $V$  с 0,17 м/с до 1,16 м/с т.е. на 0,83 м/с приводит к изменению для

Сталь 12x18H10T	- 0.45 ГПа (22%)
Сталь 45	- 0.95 ГПа (27%)
Серый чугун СЧ28	11.2 ГПа (37%).

Для уточнения влияния скорости деформации и её степени на упрочнение проведены исследования в изотермических условиях при

$\dot{\epsilon} = 470^\circ\text{C}$ ,  $\theta_2 = 620^\circ\text{C}$  и  $\theta_3 = 660^\circ\text{C}$ , которые позволили выявить для сталь 12Х18Н10Т зависимость вида.

Таблица 1.

Расчетные и экспериментальные значения глубины наклепа  $h_H$

V м/с	0,33	0,55	0,83	1,16
$h_H$ расч.	0,134	0,47	0,134	0,132
$h_H$ измер.	0,12	0,15	0,13	0,125

$$S = \frac{325g e^{0,3} g e^{r 0,008}}{e^{-0,00280}} \quad (3)$$

Пользоваться зависимостью такого вида в практических расчетах не всегда удобно. Такой расчет предполагает последовательное экспериментальное определение  $h_H$ ,  $\epsilon$ ,  $e$  и  $\theta$ .

Более удобно для практического использования выразить полученные результаты непосредственно через технологические параметры: линейную скорость  $V$ , нормальную нагрузку  $N$  и температуру  $\theta$ . Учитывая, это обстоятельство нами получено:

$$h = A \cdot \theta^b e^{c1\theta} \cdot V^{n*} \theta_n \cdot e^{c2\theta} \quad (4)$$

Расчеты по этой формуле для различных  $V, N$  и  $\theta$  произведенные на ЭВМ позволили определить:  $A = -4,5 \cdot 10^{-2,1}$ ;  $b = 9,46$ ,  $C_1 = 0,013$ ;  $n = -1,7 \cdot 10^{-n}$ ;  $m = 9,53$ ;  $C_2 = 0,0105$ . Расчеты по этой формуле позволяют получить комплекс зависимостей, отражающих закономерности изменения сопротивления деформации при широком варьировании термомеханических параметров.

Анализ этих зависимостей выявил, что:

- увеличение скорости деформации (в изотермических условиях) приводит к упрочнению материала во всем расчетном диапазоне  $e$  ;
- интенсивность упрочнения возрастает при уменьшении температуры процесса;
- наиболее заметное изменение зависимости  $\sigma$  от  $\epsilon$  происходит при снижении температуры  $\theta < 600^\circ\text{C}$ ;
- зависимость  $\sigma$  от относительной деформации  $\epsilon$  показывает что максимальный эффект наблюдается при  $\theta < 400^\circ\text{C}$ ;
- наиболее значимым фактором влияющим на прочностные свойства (в исследованных пределах) является температура обуславливающая изменение  $\epsilon$  от 3800 до 800 МПа т.е. более чем в четыре раза, чего достичь за счет регулирования и  $\theta$  в данной работе не удалось.

Отметим особо, что управление сопротивлением деформации за счет температуры хотя и является более эффективным, но не всегда может быть приемлемым, что объясняется большими энергическими затратами. Кроме этого имеются объективные неудобства при работе или специфические требования технологии. Регулирование параметров  $\epsilon$  и  $e$  за счет изменения  $N$  и  $V$  в некоторых случаях может оказаться более приемлемым. В общем же случае наибольшую эффективность следует достигать соответствующей комбинацией всех трех параметров процесса.

**Литература:**

1. Одинцов Л.Г. Упрочнение и отделка деталей поверхностным пластическим деформированием. Справочник М.: Машиностроение 1987,327 с.
2. Лоладзе Т.Н. Износ режущего инструмента, м.: Машиностроение, 1992,286 с.

Рецензент: д.тех.н., профессор Голубев В.Г.