

УДК 621.785.5

**ПОВЫШЕНИЕ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ ЧУГУННЫХ КОЛОСНИКОВ
МАШИН ПЕРВИЧНОЙ ОБРАБОТКИ ХЛОПКА**

**INCREASING OF WEAR RESISTANCE OF IRON GRATE-BARS
OF MACHINES OF COTTON PRIMARY TREATMENT**

И.Г.ШИН
I.G. SHIN

(Ташкентский институт текстильной и легкой промышленности)
(Tashkent Institute of Textile and Light Industry)
E-mail: dimashin@list.ru

В статье приведены результаты теоретико-экспериментальных исследований динамического упрочнения чугунных колосников дробеударной обработкой их рабочих поверхностей. На основе энергетической теории разрушения твердых тел, базирующейся на гипотезе подобия процессов механического разрушения и плавления, определена энергоемкость сплава.

The article represents the results of theoretical experimental research of dynamic hardening of iron grate-bars by stroking treatment of their surfaces. On the basis of the solids destroying theory based on the hypothesis of similarity of destruction and fluxion processes the energy intensity of an alloy has been defined.

Ключевые слова: упрочнение чугунных колосников, максимальная микротвердость поверхностного слоя, повышенная износостойкость, дробеударная обработка.

Keywords: hardening of iron grate-bars, maximum microhardness of a surface layer, high wear resistance, stroking treatment.

Надежность и долговечность машин первичной обработки хлопка (джины пильные, волокноочистители, очистители крупного сора) определяются работоспособностью деталей рабочих органов, в частности, колосников (рис. 1 – общий вид индивидуального колосника джина), образующих одноименную решетку. Колосники, отличающиеся сложным профилем в рабочей зоне, изготавливают литьем из серого чугуна марки СЧ-15 с последующей механиче-

ской обработкой. Применение серого чугуна обуславливается низкой стоимостью, хорошим литейным качеством, легкой обрабатываемостью и высокой циклической вязкостью. При конструировании деталей машин из серого чугуна необходимо иметь в виду его малую прочность и ударную вязкость, хрупкость (относительное удлинение $\delta < 3\%$) и низкое значение модуля упругости $E=(0,8-1,2)\cdot 10^5 \text{ Н/мм}^2$.



Рис. 1

Требуемые зазоры между колосниками зависят как от точности сборки, так и от качества изготовления их рабочих поверхностей. Технологический зазор между колосниками в процессе эксплуатации машины увеличивается из-за естественного износа при непрерывном контакте с хлопковой массой, содержащей твердые минеральные частицы с абразивными свойствами, а также в результате внезапного касания с пыльным диском. Контакт пыльного диска с колосниками недопустим, однако он может возникнуть по причине неточной сборки пыльного цилиндра, недопустимого прогиба вала, износа подшипников, вызывающего осевое смещение вала и др. Таким образом, основным критерием работоспособности колосников является износостойкость. Длительное сохранение технологического зазора между колосниками гарантирует стабильную работу хлопковой машины с высокими качественными показателями (очистительным эффектом, выходом семян при дженировании и др.).

С учетом приведенного изыскание технологических методов повышения износостойкости конструкционного материала путем предварительного механического упрочнения без затрат легирующих элементов (Mn, Cr, Cu) или без термической обработки, безусловно, представляется актуальным при изготовлении ответственных деталей из чугуна.

Динамическое упрочнение чугунных колосников осуществляли дробеударной обработкой их рабочих поверхностей в специальном дробеметном аппарате. Режим обработки: диаметр стальной дроби $D = 2$ мм; скорость дроби $v = 40$ м/с; время обработки $t = 1 \dots 3$ мин.

Сущность динамического упрочнения состоит в том, что чем больше скорость нагружения, тем меньше время протекания пластической деформации, а следовательно, выше напряжение, при котором упругая деформация переходит в пластическую [1]. При дробеударном упрочнении имеет место локализация пластической деформации и возникшей температуры в микроробъемках поверхностного слоя деталей, что вызывает структурные изменения и фазовые превращения, сопровождающиеся повышением плотности дислокаций.

В процессе ударного воздействия дроби, с одной стороны, происходит упрочнение контактного слоя вследствие перекристаллизации [2] и $\gamma \rightarrow \alpha$ превращения, например, в аустенитном чугуне, с другой стороны, протекает конкурирующий и противоположный процесс – разупрочнение из-за тепловых импульсов и накопления дефектов структуры усталостной природы.

Особенностью упрочнения деталей машин потоком дроби является ограничение числа ударов по обрабатываемой поверхности, то есть необходимо обоснование оптимального числа соударений для различных конструкционных материалов, обладающих разной энергоемкостью поверхностного слоя. После определенного числа соударений на поверхности стальных или чугунных образцов появляется белый (нетравящийся) слой, свидетельствующий о прекращении пластических деформаций и дальнейшего деформационного упрочнения. При продолжении процесса последующие удары приводят к перенаклепу и хрупкому разрушению поверхностного слоя деталей, что резко снижает их работоспособность.

В соответствии с энергетической теорией разрушения поверхности твердых тел [3] примем, что разрушение при ударном воздействии упрочняющего тела (дроби) начинается после максимального насыщения поверхности энергией деформации. На основе гипотезы подобия процессов механического разрушения и плавления рассчитаем максимальную энергию, которую способен поглотить деформируемый объ-

ем металла при пластической деформации до его разрушения, и таким образом определим энергоемкость сплава:

$$W_3 = M\lambda, \text{ Дж} \quad (1)$$

где M – масса, соответствующая локальному объему пластически деформированного слоя, кг; λ – удельная теплота плавления твердого тела (упрочняемого материала), Дж/кг; для серого чугуна $\lambda = 9,7 \cdot 10^4$ Дж/кг [4].

Массу пластически деформированного участка поверхностного слоя детали определим из соотношения:

$$M = V_{\text{пл}}\rho, \text{ кг} \quad (2)$$

где $V_{\text{пл}}$ – пластически деформированный объем металла при единичном ударе, мм^3 ; ρ – плотность обрабатываемого материала, $\text{кг}/\text{м}^3$; для чугуна $\rho = 7,4 \cdot 10^3$ $\text{кг}/\text{м}^3$.

Пластически деформированный объем металла $V_{\text{пл}}$ найдем из рассмотрения динамического контактного взаимодействия дроби с упрочняемой поверхностью (рис. 2).

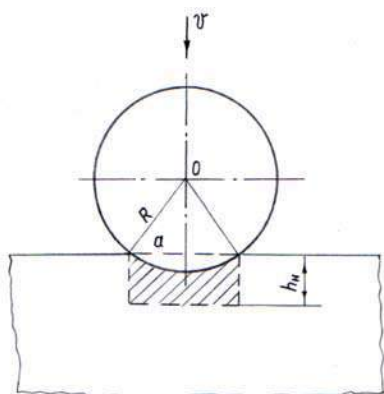


Рис. 2

Примем, что данный объем принимает форму цилиндра с высотой h и радиусом основания, соответствующим радиусу пластического отпечатка и определяемым из зависимости степени поверхностной деформации, предложенной М.М. Савериным. В модифицированном виде радиус пластического отпечатка зависит от режима обработки и механических свойств материала и принимает вид:

$$a = D^4 \sqrt{\frac{\rho v^2}{10,2 \text{HBg}}}, \text{ мм} \quad (3)$$

где D – диаметр дроби, мм; ρ – плотность материала дроби, $\text{г}/\text{см}^3$; HB – твердость по Бринеллю, $\text{кгс}/\text{мм}^2$; $g = 9,81$ $\text{м}/\text{с}^2$ – ускорение свободного падения.

Глубину наклепа рассчитаем по формуле [5]:

$$h_n = \sqrt[4]{\frac{\pi W_0 D}{2\sigma_T}}, \text{ мм} \quad (4)$$

где σ_T – предел текучести обрабатываемого материала $\text{Н}/\text{мм}^2$; для серого чугуна СЧ15 $\sigma_T = 80$ $\text{Н}/\text{мм}^2$ [6]; $W_0 = mv^2/2$ – начальная кинетическая энергия дроби, Дж; m – масса дроби, кг.

Оптимальное число ударов N по данной поверхности детали для доведения поверхностного слоя до максимального упрочнения определим как отношение предельной энергоемкости W_3 обрабатываемого материала к энергии единичного удара W_y :

$$N = W_3 / W_y. \quad (5)$$

Энергию единичного удара оценим через начальную кинетическую энергию W_0 дроби с учетом коэффициента восстановления скорости k [7]:

$$W_y = W_0(1-k^2), \quad (6)$$

$$k = 1,79 \sqrt{\frac{R^{0,75} \text{HB}^{1,25}}{W_0^{0,25} E_{\text{пр}}}}, \quad (7)$$

где R – радиус дроби, мм; $\frac{1}{E_{\text{пр}}} = \frac{1-v_1^2}{E_1} + \frac{1-v_2^2}{E_2}$ – приведенный модуль упругости; $E_1 = 2 \cdot 10^5$ $\text{Н}/\text{мм}^2$, $v_1 = 0,3$ и $E_2 = (0,8-0,9) \cdot 10^5$ $\text{Н}/\text{мм}^2$, $v_2 = 0,3$ – модуль упругости и коэффициент Пуассона соответственно для стальной дроби и упрочняемой детали из чугуна.

С учетом выражений (1), (2) и объема пластически деформированного металла

$V_{\text{ш}} = \pi a^3 h_H$ при единичном ударе дроби энергоемкость серого чугуна СЧ15 составит:

$$W_3 = \pi a^3 h_H \rho \lambda, \text{ Дж.} \quad (8)$$

Согласно расчетно-экспериментальным данным параметры очага пластической деформации составили: $a = 0,32$ мм и $h = 1,195$ мм. Начальная кинетическая энергия дроби $W_0 = 0,0526$ Дж и значение коэффициента восстановления скорости $k = 0,13$. Таким образом, оптимальное число ударов дроби по данной поверхности чугунных колосников в соответствии с выражениями (5)...(8) составило $N = 5...6$.

Сопоставимость результатов теоретико-экспериментальных исследований при дробеударном упрочнении чугунных колосников с данными работы [8] подтверждает корректность предлагаемой методики расчета оптимального числа соударений дроби с обрабатываемой поверхностью. Необходимо отметить, что в эксплуатационных условиях число нагружений значительно превосходит расчетное значение N и при этом деталь сохраняет работоспособность.

Кажущееся противоречие между такими фактами, как максимальное упрочнение серого чугуна за 5...6 ударов дроби и длительная работоспособность деталей, объясняется одновременным воздействием ударов и высоких рабочих температур (600...800°C). Возникает динамическое равновесие между накоплением напряжений и их релаксацией в поверхностном слое деталей. Подобные условия термодинамического взаимодействия способствуют постоянному изменению дислокационной картины, связанной с генерированием, движением и аннигиляцией дислокаций.

ВЫВОДЫ

1. На базе энергетической теории разрушения поверхности твердого тела и на основе гипотезы подобия процессов меха-

нического разрушения и плавления рассчитана максимальная энергия, которую может поглотить деформируемый объем металла при пластической деформации.

2. Выполнено научное обоснование оптимального числа ударов дроби при упрочнении чугунных колосников, обеспечивающих максимальную микротвердость поверхностного слоя и, следовательно, повышенную износостойкость – основной критерий работоспособности колосников для машин первичной обработки хлопка.

3. Возможность аналитического расчета процесса дробеударного упрочнения чугунов создает основу для прогнозирования эксплуатационных характеристик рабочих органов машин в зависимости от физико-механических свойств конструкционных материалов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Виноградов В.Н., Сорокин Г.М., Албагачиев А.Ю. Изнашивание при ударе. – М.: Машиностроение, 1982.
2. Гелунова З.М. О явлении перекристаллизации металлов и сплавов при обработке ударными волнами / В кн.: Высокоскоростная деформация. – М.: Наука, 1971. С.80...84.
3. Иванова В.С. Усталостное разрушение металлов. – М.: Металлургия, 1963.
4. Сборник задач и вопросов по физике / Р.А.Гладков, В.Е.Добронравов и др.; под ред. Р.А.Гладковой. – М.: Наука, 1983.
5. Джураев А.Д., Шин И.Г., Саримсаков Д.А. Аналитический метод оценки деформационного упрочнения поверхностного слоя деталей машин при дробеударном упрочнении // Проблемы текстиля. – 2004, №4. С.65...69.
6. Орлов П.И. Основы конструирования. – В 2-х т. – Т.1. – М.: Машиностроение, 1988. С.120.
7. Джураев А.Д., Шин И.Г. О коэффициенте восстановления скорости при ударе твердой сферической частицы о металлическую преграду // Изв. вузов. Технические науки. – 1995, №1...4. С.121...129.
8. Абраменко Ю.Е., Албагачиев А.Ю. Ударное упрочнение чугунов // Вестник машиностроения. – 1988, №4. С.46...48.

Рекомендована кафедрой теории механизмов и деталей машин. Поступила 04.12.09.