

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СПОСОБЫ ПОВЫШЕНИЯ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ ИЗ КОМПОЗИЦИОННЫХ ПОРОШКОВЫХ СПЛАВОВ

*Кропоткина Е.Ю.*

*Московский государственный технологический университет «СТАНКИН»,  
г.Москва*

**Ключевые слова:** износостойкость, порошковые сплавы, поверхностное пластическое деформирование, упрочнение.

**Аннотация.** Показаны результаты исследований влияния поверхностного пластического деформирования обкатыванием на свойства деталей из композиционных порошковых сплавов. Обкатывание позволяет существенно улучшить качество поверхностного слоя и износостойкость деталей.

В современном машиностроительном производстве одной из главных проблем, решаемой при изготовлении машин, является обеспечение износостойкости входящих в них деталей. Например, такие ответственные изделия, как погружные насосы для добычи нефти работают в сложных условиях эксплуатации. Они испытывает высокие температурные и силовые нагрузки от потока жидкости и центробежных сил, значительные вибрационные нагрузки, влияние абразивных примесей и агрессивных сред и др. В связи с этим, наиболее нагруженным поверхностям деталей необходимо обеспечить высокие прочностные характеристики.

Компания ЗАО «Новомет» специализируется на производстве полнокомплектных установок погружных насосов для добычи нефти. Отличительной особенностью насосов, выпускаемых предприятием, является то, что заготовки для деталей ступеней насосов получают методом порошковой металлургии. Данный инновационный метод получения заготовки обеспечивает экономически обоснованное и достаточно высокое качество изделий. Формование заготовок из металлического порошка происходит в прессформах на прессах с усилием до 700 тонн. Затем производится сборка при помощи специального клеящего состава [1]. После сборки собранная заготовка отправлялась в печь, где происходит спекание элементов заготовки и пропитка медью пор.

Наибольшее число проблем в ступени погружного насоса возникает в связи с износом сопрягаемых поверхностей деталей «Направляющий аппарат». Поверхности подвержены усиленному гидроабразивному износу, вследствие чего срок до ремонта насоса определяется именно этим узлом.

Для повышения механических характеристик сопрягаемых поверхностей был предложен метод деформационного упрочнения обкатыванием [2].

Известно [3,4,5], что поверхностное пластическое деформирование (ППД) обеспечивает высокое и стабильное качество поверхности. Эффективность ППД высока для деталей, работающих в условиях циклических нагрузок, в коррозионных средах, а также имеющих концентраторы напряжений. Метод

ППД прост в реализации, экономичен, обладает высокой производительностью, позволяет обеспечить упрочнение поверхностного слоя, низкую шероховатость, что повышает долговечность и надежность деталей машин. Однако большинство исследований процесса ППД осуществлялось на монолитных сталях и сплавах.

Детали из композиционных порошковых сплавов имеют свои особенности: неравномерную структуру, зависящую от технологии получения заготовки, пористость, неравноосность составляющих частиц и их форма. Поэтому следует изучить, каким образом ППД воздействует на детали из композиционных порошковых сплавов.

Были проведены эксперименты по обкатыванию деталей «Направляющий аппарат». Детали были изготовлены из композитного порошкового материала ЖГр1Д15-Пр (табл.1).

Табл. 1.

Марка материала	Содержание химических элементов, %				
	Cr	Ni	Cu	C	Fe
ЖГр1Д15-Пр	-	-	15	1	основа

При назначении режимов ППД обкатыванием учитывали, что на их выбор влияет твердость, состав материала, пористость, технология получения порошковой заготовки.

Величину силы обкатывания назначали, исходя из обеспечения оптимального давления на обрабатываемую деталь. Давление ролика при обкатывании зависит от величины силы и пятна контакта инструмента и детали. Величина пятна контакта зависит от геометрии инструмента (диаметра и радиуса профиля ролика) и диаметра обрабатываемой детали.

Подача устанавливалась с учетом равного числа повторных деформаций в одной точке детали при обкатывании. Степень влияния подачи связана с размером очага деформации, в частности с шириной пятна контакта  $2b$ . Можно охарактеризовать это параметром  $k_s$ , который определяет кратность приложения нагрузки [2]:

$$k_s = \frac{2b}{S} \cdot n,$$

где  $S$  - подача;  $2b$  - ширина пятна контакта ролика и детали в направлении подачи, которая зависит от радиуса профиля ролика и диаметра детали;  $n$  - количество продольных ходов ролика.

Скорость обкатывания не оказывает значительного влияния на качество поверхностного слоя, поэтому число оборотов детали назначали, исходя из требований получения оптимальной производительности обработки и недопущения повышения температуры детали при обкатывании.

Детали из ЖГр1Д15-Пр обкатывали роликом диаметром 60 мм с радиусом профиля  $R_{\text{пр}} = 20$  мм. Режимы обкатывания: число оборотов 315 об/мин., подача  $S = 0,2$  мм/об., сила  $P = 1700$  Н (режим № 1) и  $P = 2610$  Н (режим № 2).

В результате экспериментов установлено, что шероховатость поверхностного слоя значительно уменьшается (табл. 2). Микротвердость после обкатывания увеличивается (табл. 3).

Твердость поверхностного слоя деталей из композиционных порошковых сплавов после обкатывания возрастает (табл. 4). На величину твердости влияют режимы обработки - с увеличением давления величина твердости увеличивается. Однако, следует учесть, что при превышении оптимальных величин давления могут появиться явления перенаклепа, приводящие к дефектам поверхностного слоя.

Табл. 2.

Марка материала	Полученные значения шероховатости		
	до обкатывания	Приповерхностная зона	
		обработка по режиму № 1	обработка по режиму № 2
ЖГр1Д15-Пр	Ra 1,46	Ra 0,215	Ra 0,411

Табл. 3.

Марка материала	Полученные значения микротвердости, HV <sub>0,05</sub>		
	основа	обработка по режиму	
		№ 1	№ 2
ЖГр1Д15-Пр	217-299	224-320	238-332

Табл. 4.

Марка материала	Полученные значения твердости	
	обработка по режиму № 1	обработка по режиму № 2
ЖГр1Д15-Пр	91,5 HRB	99,5 HRB

Исследования износостойкости проводились с использованием прибора CSM Instrument Calowea, который позволяет быстро изучить свойства изнашивания методом сферической выемки. Диаметр шарика  $d=20$ мм, формула расчета объема лунки. Измерялся диаметр полученных лунок при различном времени истирания и рассчитывался объем снятого материала:

$$V = \frac{\pi d^4}{64R},$$

где  $V$  – объем изъятого материала;  $d$  – диаметр полученной лунки;  $R$  – радиус шарика.

Испытания по устойчивости поверхностного слоя детали к абразивному износу показали зависимости объема изношенного материала от времени проведения испытаний по абразивному износу (рис. 1).

Установлено, что поверхностное пластическое деформирование обкатыванием существенно увеличивает износостойкость деталей из композиционных порошковых сплавов.

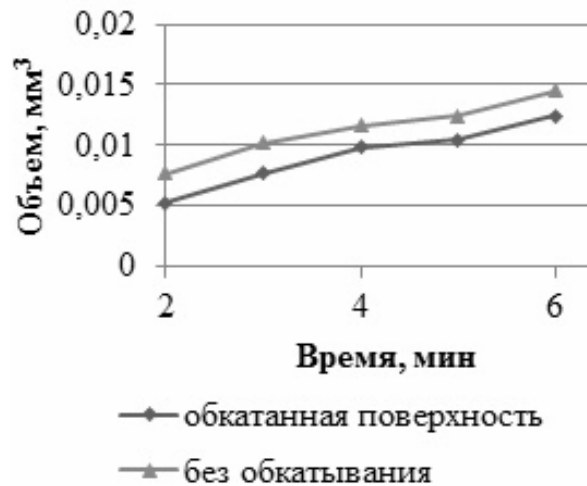


Рис. 1. Зависимость объема изношенного материала ( $\text{мм}^3$ ) от времени (мин.) детали из материала ЖГр1Д15

#### Выводы.

1. Экспериментальными исследованиями установлено уменьшение шероховатости, увеличение твердости и микротвердости поверхностного слоя упрочненных обкатыванием деталей из композиционных порошковых сплавов.

2. В результате поверхностного пластического деформирования обкатыванием наблюдается повышение износостойкости деталей из композиционных порошковых сплавов, что повышает эксплуатационные свойства погружных насосов для добычи нефти.

#### Список литературы

1. Патент № 2037382 РФ. Способ изготовления спеченных изделий / Анциферов В.Н., Рабинович А.И., Перельман О.М. и др. – Оpubл. 19.06.1995.
2. Кропоткина Е.Ю., Флегентов В.К. Упрочнение деталей из порошковых сплавов обкатыванием // Вестник машиностроения. – 2015. – № 8. – С. 35-36.
3. Кропоткина Е.Ю. Управление качеством нежестких деталей методами поверхностного пластического деформирования // Вестник МГТУ СТАНКИН. – 2011. – №2. – С. 25-28.
4. Кропоткина Е.Ю. Применение поверхностного упрочнения для обеспечения эксплуатационных свойств деталей // Вестник МГТУ Станкин. – 2015. – № 2. – С. 39-43.
5. Кропоткина Е.Ю., Донсков А.С., Плотников А.Ф. Влияние асимметричного упрочнения поверхностным пластическим деформированием на эксплуатационные свойства деталей // Технология машиностроения. – 2011. – №10. – С. 21-24.

#### Сведения об авторе:

*Кропоткина Елена Юрьевна* – д.т.н., доцент, профессор кафедры «Высокоэффективные технологии обработки», МГТУ «СТАНКИН», г.Москва.

#### TECHNOLOGICAL METHODS FOR IMPROVING THE WEAR RESISTANCE OF THE SURFACES OF PARTS MADE OF COMPOSITE POWDER ALLOYS

*Kropotkina E.Yu.*

**Keywords:** wear resistance, powder alloys, surface plastic deformation, hardening.

**Abstract.** The results of studies of the effect of surface plastic deformation by rolling on the properties of parts made of composite powder alloys are shown. Running-in can significantly improve the quality of the surface layer and wear resistance of parts.