

Таблица 2

Электрические параметры напыления покрытий из высоколегированных сталей методом гиперзвуковой металлизации

Диаметр детали, мм	Диаметр прово- лок, мм	Напряжение, В	Сила тока, А
60	1,6	26	350
60	2,0	30	250
100	1,6	28	350
100	2,0	32	300
200	1,6	30	350
200	2,0	32	350
300	1,6	30	400
300	2,0	34	350
400	1,6	32	400
400	2,0	36	400
500	1,6	32	480
500	2,0	36	480

### Литература

1. Белоцерковский, М.А. Технологические особенности и области использования гиперзвуковой металлизации / М.А. Белоцерковский, А.С. Прядко, А.Е. Черепко // Инновации в машиностроении: сб. науч. тр. Минск, 30 – 31 окт. 2008 г. / редкол.: М.С. Высоцкий [и др.]. – Минск: ОИМ НАН Беларуси, 2008. – С. 479 – 484.

УДК 621.787:620.178.3

## ЗАКОНОМЕРНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО НАСЛЕДОВАНИЯ ПРИ ЦИКЛИЧЕСКОМ НАГРУЖЕНИИ

**В.Ю. Блюменштейн**

Кузбасский государственный технический университет  
им. Т.Ф. Горбачева, Кемерово, Российская Федерация

*Приведены результаты исследований технологического наследования на стали циклического нагружения. Показано влияние истории нагружения (наследственности) на продолжающийся процесс накопления деформаций.*

Исследование закономерностей технологической наследственности в процессе симметричного усталостного нагружения упрочненных образцов проводилось с использованием разработанного автором аппарата механики технологического наследования [1].

Цель усталостных испытаний – определить влияние истории нагружения на стадиях механической обработки на циклическую долговечность и циклическую трещиностойкость. Испытанию подлежали 7 серий образцов из стали 45 (ГОСТ 1050-88, 160-180 HV) по 8 образцов в каждой серии. После изготовления образцов на токарном станке с ЧПУ выполнялся отжиг для снятия упрочняющего эффекта. Далее проводилась механическая обработка резанием по следующему режиму: частота  $n=2000$  об/мин; подача  $S=0,25$  об/мин; толщина срезаемого слоя  $a=1$  мм. Геометрия режущей части инструмента из твердого сплава ВК3 составляла:  $\alpha=9^\circ$ ;  $\gamma=10^\circ$ ;  $\lambda=0^\circ$ ;  $\varphi=45^\circ$ ;  $\varphi_1=30^\circ$ ;  $\rho=0,03$  мм. Затем было проведено обкатывание однороликовым инструментом по режиму: частота  $n=630$  об/мин; подача  $S=0,07$  об/мин; профильный радиус ролика  $R_{пр}=5$  мм; радиус ролика  $R_p=50$  мм. Усилия обкатывания составили: 1000 Н (1-я серия), 1500 (2-я) и т.д., 4500 Н (7-я серия). В каждой серии образцов обрабатывался один образец – свидетель (серия «0»), на котором проводилась фиксация очага деформации. По очагам деформации проводился расчет параметров напряженно-деформированного состояния поверхностного слоя [2].

Испытательная машина на базе модернизированного токарно-револьверного станка обеспечивала испытание образцов при консольном приложении нагрузки с изгибом в одной плоскости с частотой  $f=50$  Гц. Цикл напряжений – симметричный синусоидальный, при котором максимальное и минимальное напряжения равны по абсолютному значению, но противоположны по знаку; схема нагружения – мягкая, при которой обеспечивалось постоянство среднего напряжения цикла.

Установлено, что увеличение уровня накопленной (наследуемой) деформации  $\Delta\Delta$  приводит к тому, что программа усталостного нагружения стартует с более «жестких» схем. Это говорит о едином физическом характере влияния истории нагружения на последующее накопление деформаций независимо от метода воздействия на поверхностный слой изделия (резание, ППД, циклическое нагружение): чем больше наследуемая деформация, тем в большей мере программа нагружения на последующей стадии смещается в область более «жестких» значений.

Технологическое наследование в категориях механики выражается и в том, что уровень мгновенных деформаций по мере циклирования различен (рис. 1). Видно, что наибольший прирост деформаций характерен для 1-й выборки в районе циклической долговечности  $N_{ц,д.}=600000-1000000$ . Увеличение уровня наследуемой деформации (выборки 2-4) приводит к уменьшению абсолютных мгновенных значений деформации и смещению их в область циклов  $N_{ц,д.}=1200000-2500000$ . Дальнейшее увеличение уровня накопленной деформации еще более снижает уровень абсолютных мгновенных значений деформации и смещает их в область меньших циклов нагружения  $N_{ц,д.}=2400000-1700000$  (5-7 выборки).

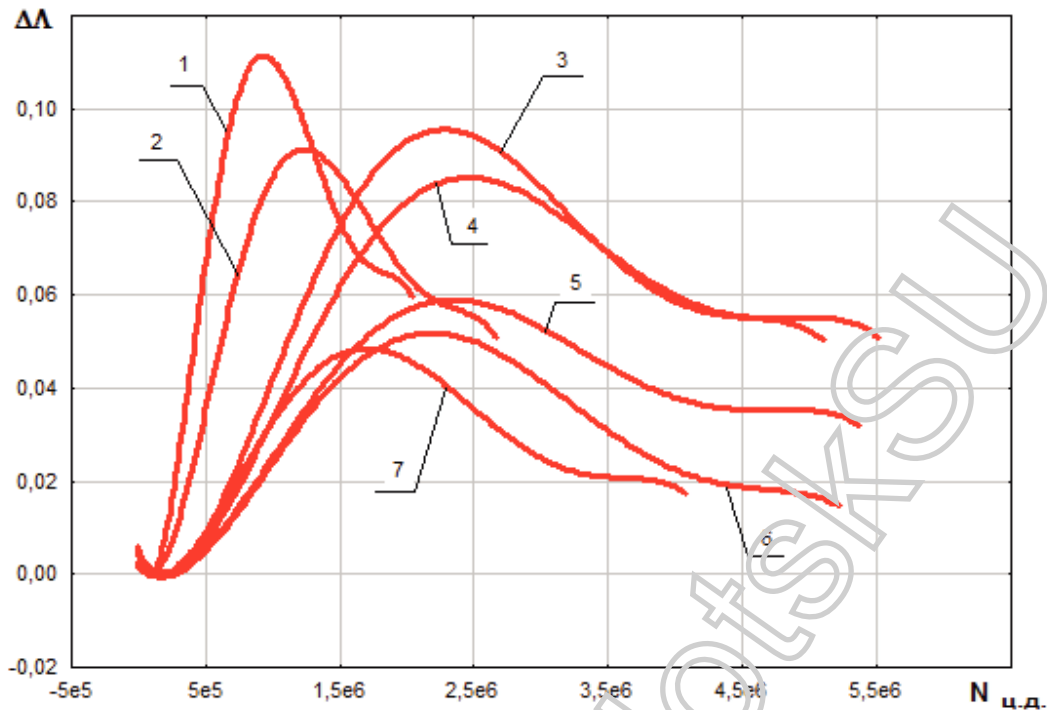


Рис. 1. Зависимости приращений степени деформаций сдвига от количества циклов усталостного нагружения: цифрами обозначены номера выборок

Показано, что история нагружения определяет и общий характер накопления деформации на стадии циклической долговечности (рис. 2). Чем больше наследуемая деформация, тем меньше накапливаемая деформация на стадии циклической долговечности и тем меньше приращение степени деформации в одном цикле нагружения.

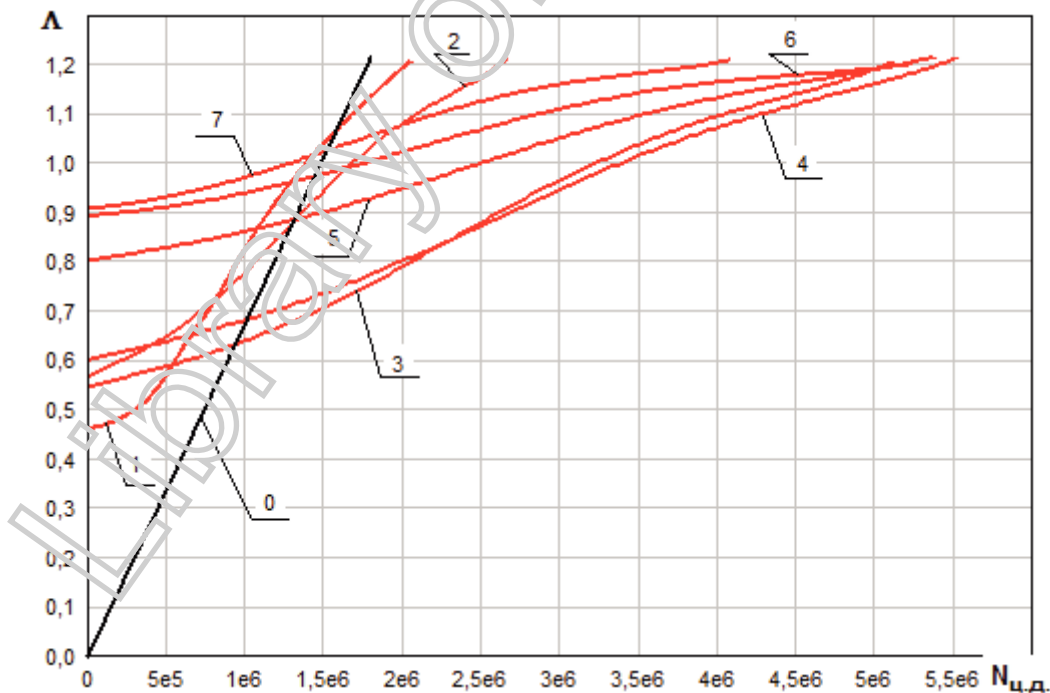


Рис. 2. Зависимости накопленной степени деформации сдвига от числа циклов усталостного нагружения: цифрами обозначены номера выборок

К числу установленных наследственных закономерностей усталостного нагружения можно отнести: характер изменения напряженного и деформированного состояния поверхностного слоя в каждом цикле и в течение всего усталостного нагружения; численные значения приращения степени деформации сдвига и степени исчерпания запаса пластичности металла поверхностного слоя детали в каждом цикле; роль истории нагружения металла поверхностного слоя в обеспечении циклической долговечности детали.

### Литература

1. Блюменштейн, В.Ю. Механика технологического наследования на стадиях обработки и эксплуатации деталей машин / В.Ю. Блюменштейн, В.М. Смелянский. – М.: Машиностроение-1, 2007. – 400 с.
2. Технология экспериментальных исследований: моногр. / И.Р. Асланян, А.П. Бабичев, В.Ю. Блюменштейн [и др.]; под ред. С.А. Зайдеса. – Иркутск: изд-во ИрГТУ, 2011. – 572 с.

**УДК 537.525:537.63**

## **ИННОВАЦИОННОЕ ОБОРУДОВАНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ ИОННОГО АЗОТИРОВАНИЯ**

**М.Н. Босяков, С.В. Бондаренко, А.С. Бондаренко, Д.В. Жук, И.Л. Поболь**  
Физико-технический институт НАН Беларуси, Минск

*Представлены основные преимущества разрабатываемых ФТИ НАН Беларуси оборудования и технологий ионного азотирования (ИА), наиболее современного вида поверхностного упрочнения деталей машин, пресс-форм, штампов, режущего инструмента и других изделий.*

В промышленно развитых странах активно используются процессы азотирования, прежде всего ионного. В результате ИА могут быть существенно повышены твердость, усталостная выносливость, износ-, тепло- и коррозионная стойкость изделий. ИА устраняет такие недостатки газового азотирования, как большая длительность и трудоемкость процесса, повышенная хрупкость слоя, недостаточная контактная выносливость, нестабильность получаемых результатов.

Нами накоплен большой опыт в разработке технологий и изготовлении современного оборудования ИА, которое успешно эксплуатируется в ФТИ, ОАО «МЗКТ», ОАО «МАЗ», ОАО «БелАЗ», ОАО «Гомсельмаш», ОАО «Могилевлифтмаш», НПП «Технолит», ОАО «Волжский дизель им. Маминых», БарГУ и др. Вакуумные камеры установок относятся к классу установок с «холодными стенками». Создается оборудование с необходимыми габарит-