

УДК 620.178.152.341.4 + 621.941.01 + 621.923.3

А.П. ПЕТРЕНКО

Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Украина

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ НАСЛЕДСТВЕННОСТЬ И ЕЕ ЗАВИСИМОСТЬ ОТ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ НЕКОТОРЫХ СТАЛЕЙ И СПЛАВОВ ПРИ ТОЧЕНИИ И ШЛИФОВАНИИ

Приведены результаты исследования микротвердости методом наклонных шлифов поверхностного слоя сталей 12Х18Н9Т, 40Х и сплавов Д16Т, ВТ3-1 после точения и шлифования. Экспериментально установлена глубина и степень наклепа поверхностного слоя сталей 12Х18Н9Т, 40Х и сплавов Д16Т, ВТ3-1.

технологическая наследственность, поверхностный слой, режимы обработки, микротвердость, наклёп, степень наклёпа, глубина наклёпа, измерения, наклонный шлиф, шероховатость, точение, шлифование

Стремление получить поверхностный слой с наилучшими эксплуатационными характеристиками привело к применению различных технологических процессов финишной обработки. При этом на строение поверхностного слоя и его геометрические и физические параметры оказывает влияние не только вид технологического процесса окончательной обработки, но и режимы обработки, обуславливающие сложные процессы формирования микро-рельефа, твердости, остаточных напряжений поверхностного слоя.

Формированию необходимого качества поверхностного слоя детали в ходе технологического процесса ее изготовления различными методами обработки посвящены работы [1 – 8] и др.

Развитие учения о качестве поверхности привело к установлению прямых зависимостей между режимами обработки и основными характеристиками микро-рельефа и состояния металла поверхностного слоя. Установленные зависимости хорошо объясняют известные факты влияния методов и режимов механической обработки на эксплуатационные свойства деталей машин и являются основой учения о технологической наследственности.

В ходе технологического процесса происходит не только образование необходимой формы, но и изменение свойств материала тела у его поверхно-

сти. Физико-механические свойства поверхностного слоя характеризуются структурно-фазовыми превращениями, эпюрами микротвердости и распределения остаточных напряжений по глубине. Однако вопросу определения оптимальных характеристик физико-механических свойств поверхностного слоя деталей машин в зависимости от режимов обработки уделяется еще недостаточное внимание.

Задачей данного исследования было определение микротвердости и наклёпа поверхностного слоя деталей авиационных двигателей в зависимости от различных методов механической обработки. Согласно заданным условиям образцы в виде втулок изготавливались точением на токарном станке 16К20 и шлифованием на шлифовальном станке 3151. Режимы обработки приведены в табл. 1.

Таблица 1

Режимы обработки

	Марка материала образцов	Частота вращения, об/мин	Скорость, м/мин	Поддача, мм/об	Глубина резания, мм
Точение	Д16Т	1000	188,5	0,15	1,5...2,0
	ВТ3-1	315	59,4	0,14	1,5...2,0
	40Х	630	118,8	0,1	1,0...1,5
	12Х18Н9Т	315	59,4	0,12	1,0...1,5
Шлиф-е	Д16Т	1000		0,07	1,5...2,0
	ВТ3-1	630		0,07	0,15...0,2
	40Х	630		0,07	0,3...0,5
	12Х18Н9Т	630		0,07	0,15...0,2

В результате механической обработки была получена шероховатость поверхности образцов Rz 20, Rz 10, Ra 0,32 (ГОСТ 2789-73). Шероховатость поверхности определялась на профилографе № 296.

Глубина возникающего при механической обработке упрочнения и наклепа металла после различных режимов обработки определялась путем измерения микротвердости на косых шлифах на приборе ПМТ-3.

Представленные значения микротвердости каждого образца являются среднеарифметической величиной пяти отпечатков для каждого слоя (4-6 слоев по мере удаления от края образца). Микротвердость измерялась на пяти образцах для каждого режима точения и шлифования.

Изменения диаметра отпечатка, а, следовательно, микротвердости при удалении от края микрошлифа на образцах из сплава Д16Т показаны на рис. 1.

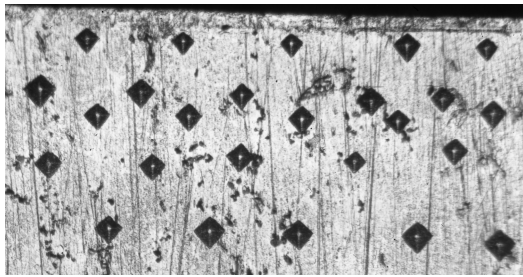


Рис. 1. Образец 123В × 150

Распределение микротвердости по глубине образцов для сплава Д16Т показано на рис. 2, 3 и 4.

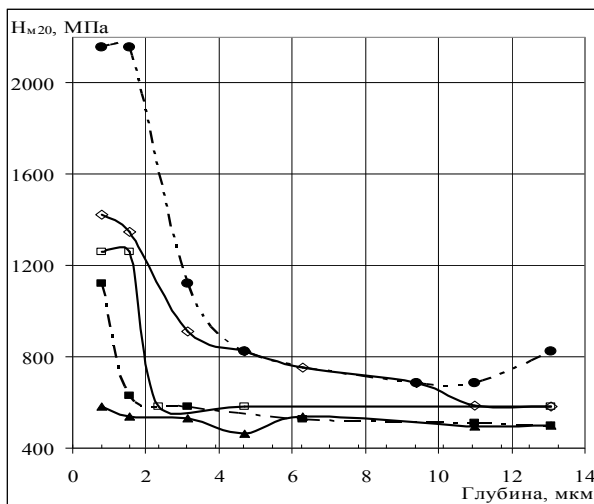


Рис. 2. Распределение микротвердости поверхностного слоя по его глубине для шероховатости Rz 20

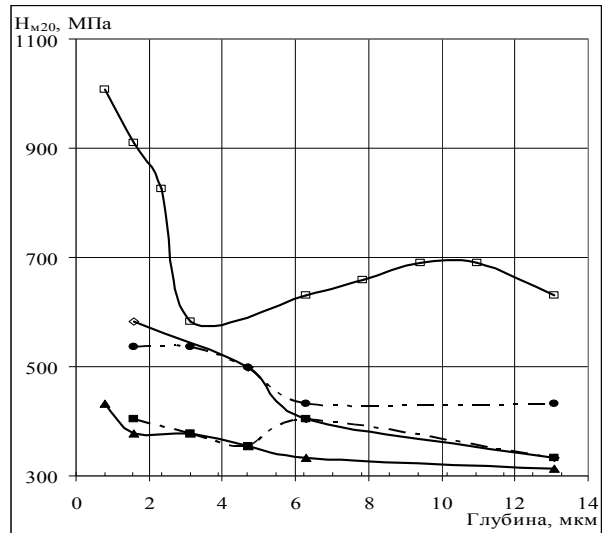


Рис. 3. Распределение микротвердости поверхностного слоя по его глубине для шероховатости Rz 10

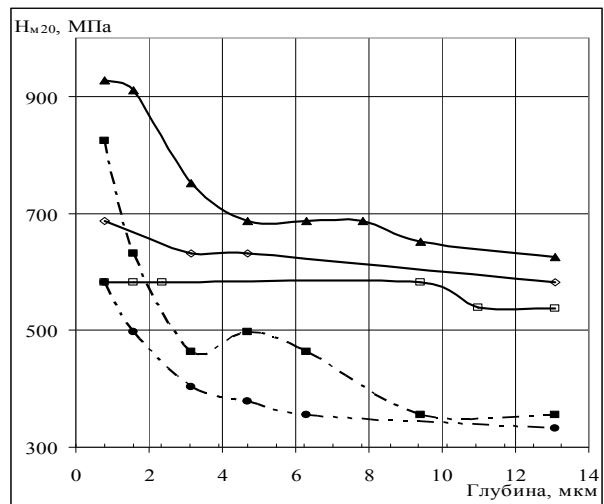


Рис. 4. Распределение микротвердости поверхностного слоя по его глубине для шероховатости Ra 0,32

Измерение микротвердости на образцах из сплава Д16Т показало, что микротвердость увеличивается к поверхности образца относительно сердцевины на всех образцах для всех режимов резания в пределах от $H_{m20} = 340$ МПа до $H_{m20} = 1284 \dots 2157$ МПа.

Максимальное увеличение микротвердости при различных видах механической обработки происходит на глубине от 0,784 до 3,136 мкм.

Глубина распространения наклепа и степень наклепа на образцах из сплава Д16Т показана соответственно на рис 5, 6.

На образцах из титанового сплава ВТ3-1 при точении до Rz 20 и Rz 10 максимальная твердость на-

блюдается на глубине 1,569 мкм от поверхности ($H_{m50} = 3620 \dots 3840$ МПа). Твердость сердцевины составляет $H_{m50} = 3260 \dots 3480$ МПа. (рис. 7, 8).

Степень наклепа после различных видов обработки титанового сплава представлена на рис. 10.

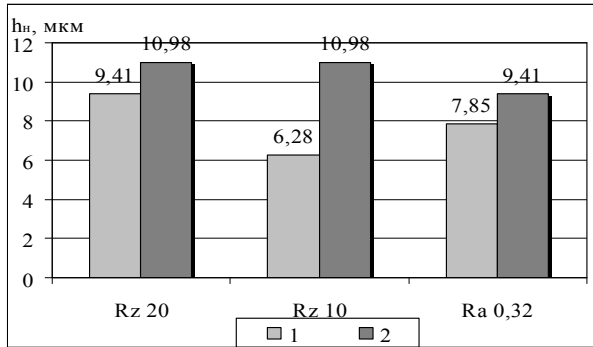


Рис. 5. Глубина распространения наклепа:
1 – на наружной поверхности;
2 – на внутренней поверхности

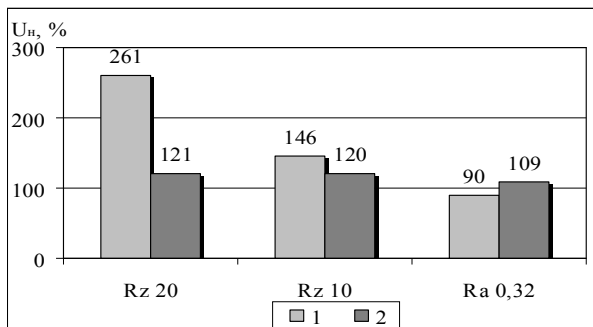


Рис. 6. Степень наклепа для сплава Д16Т:
1 – на наружной поверхности;
2 – на внутренней поверхности

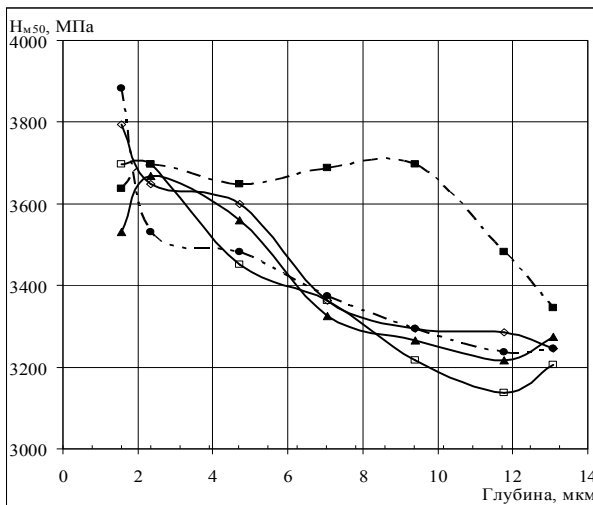


Рис. 7. Распределение микротвердости поверхностного слоя по его глубине для шероховатости Rz 20

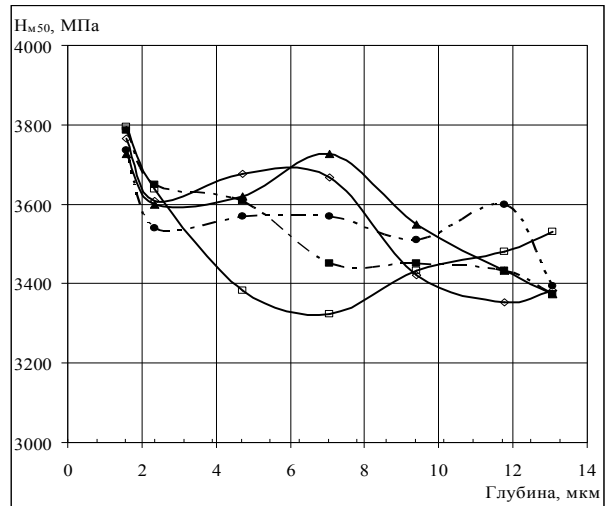


Рис. 8. Распределение микротвердости поверхностного слоя по его глубине для шероховатости Rz 10

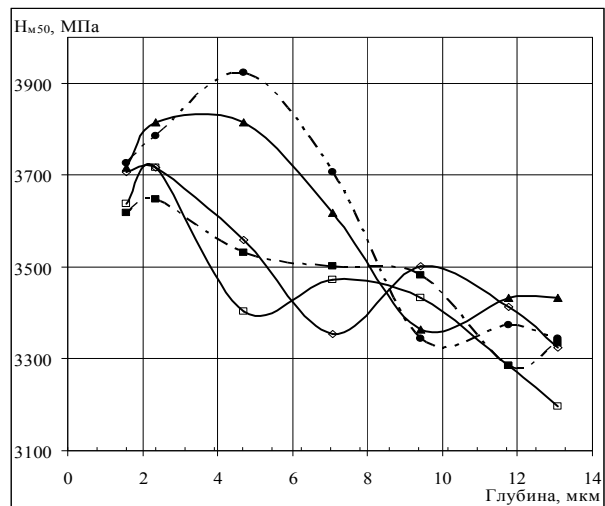


Рис. 9. Распределение микротвердости поверхностного слоя по его глубине для шероховатости Ra 0,32

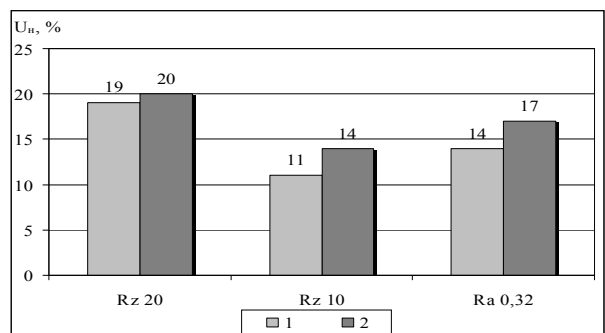


Рис. 10. Степень наклепа для сплава ВТ3-1:
1 – на наружной поверхности;
2 – на внутренней поверхности

При шлифовании титанового сплава ВТ3-1 заметно смещение максимальной твердости на глуби-

ну 2,3 мкм ($H_{M50} = 3740 \dots 3810$ МПа) (рис. 9) по сравнению с точением, где максимальная твердость наблюдается на глубине 1,569 мкм от поверхности ($H_{M50} = 3620 \dots 3840$ МПа)

По результатам измерения микротвердости построены графики (рис. 11, 12, 14) в линейных координатах: расстояние от обработанной поверхности – микротвердость.

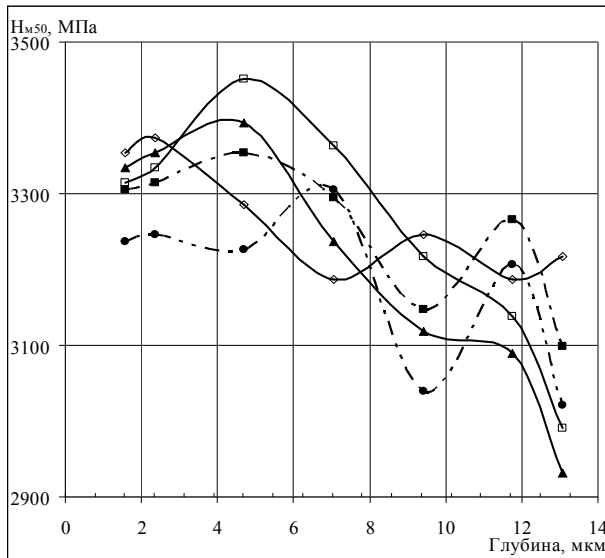


Рис. 11. Распределение микротвердости поверхностного слоя по его глубине для шероховатости Rz 20

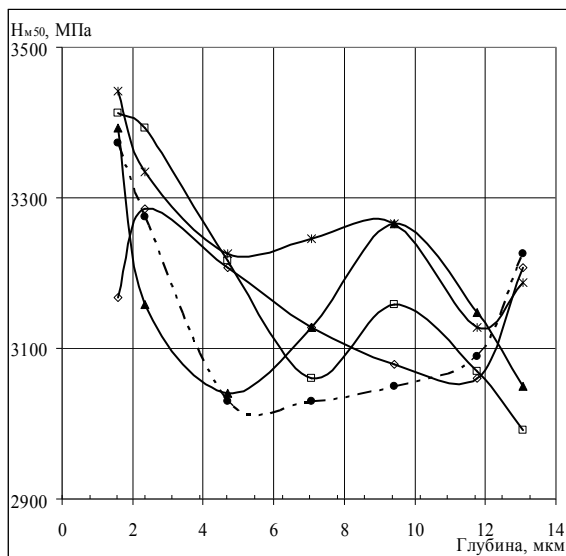


Рис. 12. Распределение микротвердости поверхностного слоя по его глубине для шероховатости Rz 10

Механическая обработка образцов, изготовленных из стали 40X, вызывает следующее упрочнение поверхностного слоя (рис. 13).

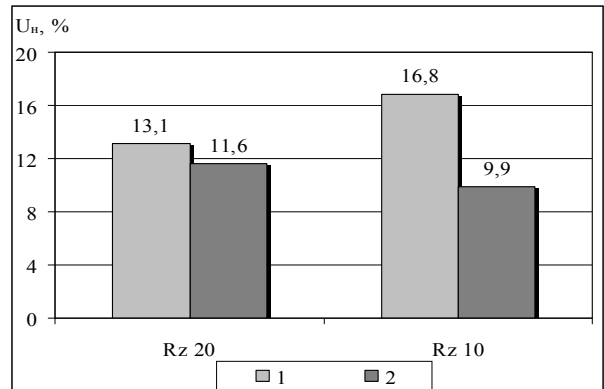


Рис. 13. Степень наклепа для стали 40X:
1 – на наружной поверхности;
2 – на внутренней поверхности

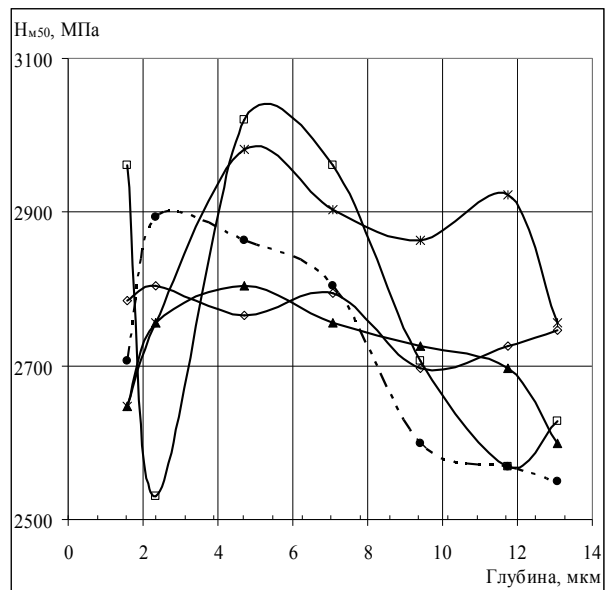


Рис. 14. Распределение микротвердости поверхностного слоя по его глубине для шероховатости Ra 0,32

Характер изменения микротвердости неоднозначный: черновое точение наружной поверхности приводит к получению максимальной микротвердости на глубине 2,353 мкм, для остальных образцов максимум микротвердости находится на глубине 1,57 мкм.

На образцах, изготовленных из стали 12X18H9T, наблюдается увеличение микротвердости на глубине 0,78...1,57 мкм, затем идет снижение микротвердости ниже уровня микротвердости сердцевины на глубине от 1,57 мкм до 6,28 мкм и далее повышение до уровня значений сердцевины (рис. 15, 16, 17).

Твердость сердцевины в среднем равна $H_{M50} = 2260$ МПа.

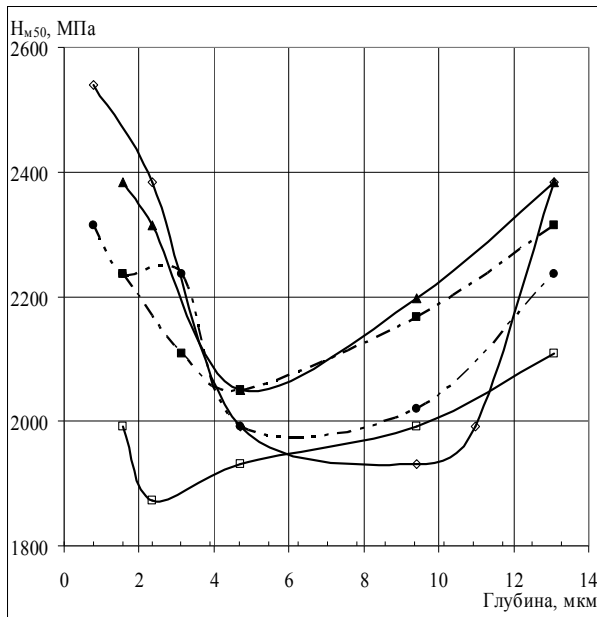


Рис. 15. Распределение микротвердости поверхностного слоя по его глубине для шероховатости Rz 20

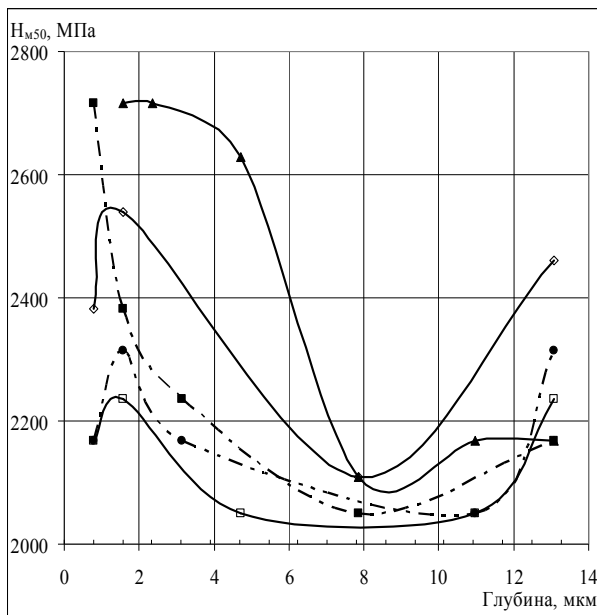


Рис. 16. Распределение микротвердости поверхностного слоя по его глубине для шероховатости Rz 10

Глубина распространения наклепа составляет:

- на наружной поверхности – от 0,784 мкм до 1,57 мкм (в отдельных случаях до 4,7 мкм);
- на внутренней поверхности – от 0,784 мкм до 1,57 мкм (в отдельных случаях до 10,98 мкм).

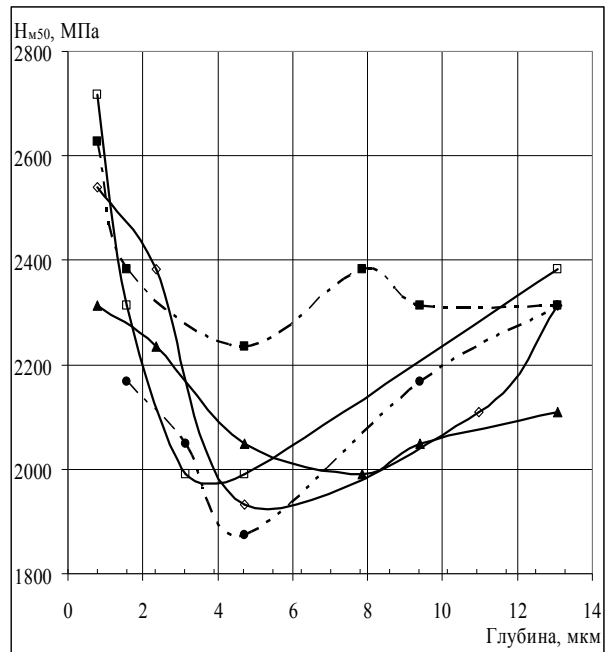


Рис. 17. Распределение микротвердости поверхностного слоя по его глубине для шероховатости Ra 0,32

Степень наклепа, определяемая процентным отношением изменения микротвердости, к стабильной микротвердости сердцевины представлена на рис. 18.

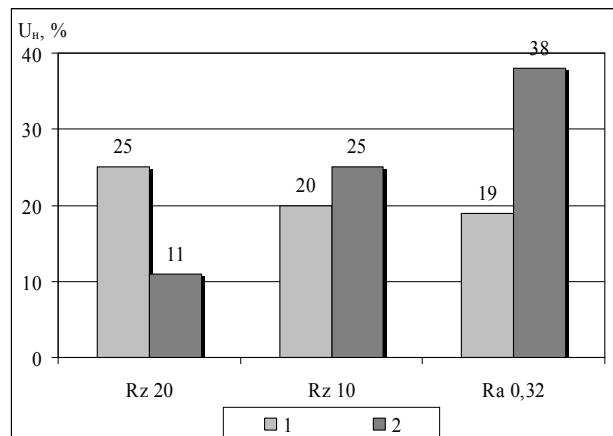


Рис. 18. Степень наклепа для стали 12X18Н9Т:

1 – на наружной поверхности;

2 – на внутренней поверхности

Выводы

1. Исследование микротвердости поверхностных слоев показало, что практически после всех видов точения в приповерхностных слоях сталей и сплавов

наблюдается большая микротвердость, чем в сердцевине образца, что объясняется упрочнением его при пластической деформации.

2. При наклепе приповерхностный слой в результате механической обработки сталей и сплавов упрочняется неодинаково. Так для сплава Д16Т степень упрочнения составляет 8 – 161%. Для ВТЗ-1 эта величина составляет 5,2 – 16%. Сталь 12Х18Н9Т поверхностно упрочняется на 3 – 35%; 40Х – 3,5 – 4,6%, что связано с химическим составом исследуемых материалов.

3. Результаты измерения микротвердости позволили установить глубину наклепанного слоя различных сталей и сплавов. Для ВТЗ-1 и 40Х она составляет 12 мкм; для Д16Т и 12Х18Н9Т – от 0,784 до 10,98 мкм.

4. Разница в значениях микротвердости образцов и степени наклепа для одной марки материала и одной шероховатости поверхности объясняется тем, что подготовка микрошлифов производилась механическим путем, в результате чего возникает вторичный поверхностный наклеп на поверхности микрошлифа.

5. Для определения оптимальных характеристик физико-механических свойств поверхностного слоя деталей авиационных двигателей целесообразно проводить также исследования структурно-фазовых превращений после различных видов механической обработки, так как, например, при шлифовании титановых сплавов наблюдается альфирование поверхностного слоя, в результате чего он приобретает излишнюю хрупкость, а при шлифовании дюралюминов наблюдаются случаи поверхностного разупрочнения.

6. Разработка проблемы технологической наследственности является основой нового научного и практического направления в технологии машиностроения, имеющего целью приведение эксплуата-

ционных качеств деталей машин технологическими методами в самом процессе изготовления деталей авиационных двигателей.

Литература

1. Алексеев П.Г. Машинам быть долговечными. – Тула: Приокское кн. изд-во, 1973. – 136 с.
2. Дальский А.М. Технологическое обеспечение надежности высокоточных деталей машин. – М.: Машиностроение, 1975. – 224 с.
3. Маталин А.А. Влияние механической обработки на износостойчивость стальных деталей машин // Вестник машиностроения. – 1954. – № 10. – С. 57-62.
4. Рыжов Э.В., Суслов А.Г., Федоров В.П. Технологическое обеспечение эксплуатационных свойств деталей машин. – М.: Машиностроение, 1979. – 176 с.
5. Сулима А.М., Евстигнеев М.И. Качество поверхностного слоя и усталостная прочность деталей из жаропрочных и титановых сплавов. – М.: Машиностроение, 1974. – 256 с.
6. Сулима А.М., Шулов В.А., Ягодкин Ю.Д. Поверхностный слой и эксплуатационные свойства деталей машин. – М.: Машиностроение, 1988. – 240 с.
7. Ящерицын П.И., Рыжов Э.В., Аверченко В.И. Технологическая наследственность в машиностроении. – Минск: Наука и техника, 1977. – 255 с.
8. Ящерицын П. И. Технологическая наследственность и эксплуатационные свойства шлифованных деталей. – Минск: Наука и техника, 1971. – 210 с.

Поступила в редакцию 30.05.2007

Рецензент: д-р техн. наук, проф. В.К. Борисевич, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков.