

УДК 621.9

В.Ф. Безъязычный, М.А. Прокофьев, А.В. Филиппова

ВЗАИМОСВЯЗЬ ПАРАМЕТРОВ ШЕРОХОВАТОСТИ И НАКЛЕПА В ПОВЕРХНОСТНОМ СЛОЕ ДЕТАЛЕЙ, ОБРАБОТАННЫХ ТОЧЕНИЕМ¹

Представлены результаты экспериментальных исследований параметров качества поверхностного слоя деталей (шероховатости и наклепа) при обработке точением и анализа их взаимосвязи.

Ключевые слова: токарная обработка, шероховатость, наклеп, поверхностный слой, параметры качества.

Обеспечение требуемых показателей качества поверхностного слоя на этапе механической обработки во многом определяется успехами в решении проблемы исследования поверхности. Уровень знаний о структуре, составе и свойствах свободных поверхностей и поверхностей раздела, о процессах и явлениях, протекающих на этих поверхностях и составляющих содержание фундаментальных проблем физикохимии поверхности, обуславливает возможность успешного развития прикладных исследований по разработке и созданию новых приборов, машин, механизмов и важнейших технологических процессов, что, в свою очередь, решающим образом сказывается на развитии современной техники [4; 5].

Практически любое воздействие исследователя, а также внешней среды на материал при его получении и механической обработке передается через свободную поверхность твердого тела, поэтому поверхностные слои в большинстве случаев определяют поведение и свойства всего объема материала, его эксплуатационные характеристики. Анализ литературных данных, полученных за последние десятилетия, свидетельствует о резко специфическом влиянии и особой роли поверхностных слоев в процессах хрупкого и усталостного разрушения, ползучести, в условиях износа, трения, схватывания материалов и др. Специфическое поведение поверхности в процессах пластической деформации при различных способах упрочнения материалов уже давно привлекает внимание многих исследователей.

Результаты исследований поверхностного слоя при механической обработке изложены в работах В. Ф. Безъязычного, Т. Д. Кожинной, Д. И. Волкова, А. В. Подзея, Д. Г. Евсеева, М. И. Евстигнеева, А. И. Исаева, М. В. Касьяна, Б. Н. Костецкого, И. В. Крагельского, Б. А. Кравченко, И. В. Кудрявцева, В. Д. Кузнецова, А. Д. Макарова, А. А. Маталина, В. С. Мухина, Н. С. Рыкунова, В. К. Старкова, А. М. Сулиммы, А. Г. Сулова, М. О. Якобсона и др. Упомянутыми учеными достигнуты значительные успехи в области изучения качества поверхностного слоя, формируемого в процессе механической обработки [1; 3].

На эксплуатационные показатели оказывает влияние весь комплекс показателей качества поверхностного слоя. Это характеристики шероховатости, напряженности и наклепа. В зависимости от условий эксплуатации наблюдаются различные характер и степень влияния каждого из параметров качества. Так, исследования К. Р. Кудрявцева показали, что доля участия поверхностного наклепа в повышении усталости при изгибе с вращением после механического упрочнения гладких образцов стали составляет 65 ... 75 % и на остаточные сжимающие напряжения оставляет 25 ... 35 % [2]. Исследования А. А. Маталина стальных образцов на усталостную прочность при нормальной температуре показали влияние остаточных напряжений, наклепа, шероховатости в соотношении 1,5:1,25:1,03

¹ Результаты получены в рамках выполнения базовой части государственного задания Минобрнауки России (НИР 824).

соответственно [2]. Указанные исследования касаются обычных конструкционных материалов, работающих при нормальных температурах.

Анализируя влияние наклепа на эксплуатационные характеристики в условиях высоких температур (применительно к жаропрочным материалам), можно отметить следующее. При повышении температуры испытаний возрастает влияние на усталость характеристик шероховатости и деформационного упрочнения, что отражают исследования А. М. Сулиммы и М. И. Евстигнеева: влияние шероховатости, наклепа, остаточных напряжений на снижение усталости при повышенных температурах составляет 50, 45 ... 50, 5 ... 10 % соответственно [6]. А. М. Сулиммой было установлено, что для каждой температуры нагрева существует оптимальная величина предварительной пластической деформации (наклепа), обеспечивающая максимальное сопротивление усталости исследуемого сплава. С повышением температуры эта величина предварительной пластической деформации уменьшается, а при температуре, близкой к температуре начала рекристаллизации, положительный эффект деформационного упрочнения исчезает.

Авторами статьи проведены экспериментальные исследования параметров качества поверхностного слоя деталей из стали 45 после обработки точением, которая выполнялась на токарно-винторезном станке NH22 проходным резцом. Материал режущей части инструмента – Т15К6. Геометрия инструмента: $\varphi = 45^\circ$, $\varphi_1 = 20^\circ$, $\alpha = 10^\circ$, $\gamma = 18^\circ$, $r = 0,3$ мм (при подаче $S = 0,04...0,2$ мм/об, глубине резания $t = 0,45...0,8$ мм, частоте вращения шпинделя $n = 715...1575$ об/мин). Технологические режимы обработки представлены в таблице.

В процессе обработки измерялись температура (T) и сила резания (P_z). Температура резания измерялась методом естественной термопары, сила резания - с помощью динамометра УДМ-600. Результаты измерений представлены в таблице.

После обработки точением на образцах измерялись параметры шероховатости поверхности (R_a и R_z) с помощью профилометра-профилографа TR-200. Результаты измерений представлены в таблице.

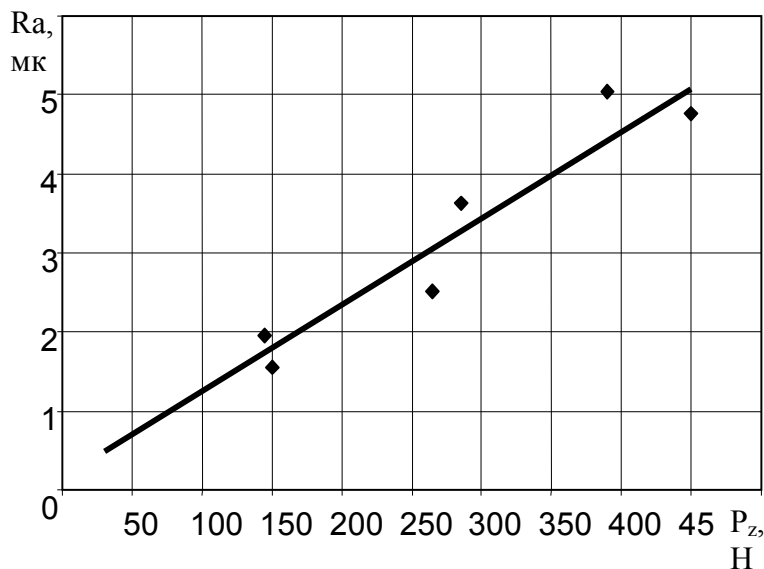


Рис. 1. Зависимость шероховатости поверхности R_a от силы резания P_z

Для исследования параметров наклепа в поверхностном слое образцов изготавливались шлифы с использованием шлифовально-полировального оборудования TegraPol-11. Микротвердость измерялась на автоматическом микротвердомере Durascan 20. Результаты исследования параметров наклепа представлены в таблице.

Анализируя экспериментальные данные в графических координатах, можно наблюдать рост шероховатости поверхности с увеличением силы резания (рис. 1).

В процессе обработки кристаллическая решетка металла под действием сил резания приобретает направленную структуру, характеризующуюся вытягиванием зёрен металла согласно движению инструмента, что подтверждается проведенными металлографическими исследованиями шлифов (рис. 2).

Наблюдается изменение степени наклепа в приповерхностном слое в зависимости от режимов обработки, в которой тоже проявляется взаимосвязь с шероховатостью поверхности (рис. 3). Так, с увеличением наклепа в поверхностном слое детали шероховатость поверхности уменьшается.

Таблица

Технологические режимы токарной обработки, термодинамические характеристики процесса резания и параметры качества поверхностного слоя образцов

№ образца	Скорость резания, м/мин	Скорость подачи, мм/об	Глубина резания, мм	Температура резания T, °C	Сила резания P _z , Н	Шероховатость поверхности, мкм		Параметры наклепа на поверхности	
						Ra	Rz	Степень N	Глубина h, мкм
1	240	0,08	0,5	700	145	1,95	9,0	0,41	50
2	240	0,16	0,55	790	285	3,62	13,3	0,39	45
3	185	0,12	0,6	650	265	2,51	10,0	0,38	50
4	185	0,06	0,55	550	150	1,55	7,0	0,44	50
5	108	0,20	0,8	535	450	4,77	14,0	0,35	60
6	185	0,20	0,65	680	390	5,04	15,0	0,32	40

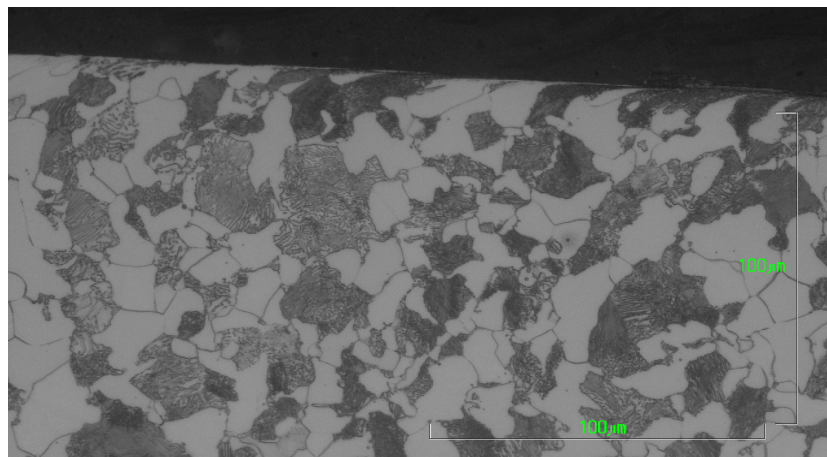


Рис. 2. Фотография структуры микрошлифа образца после точения (× 500)

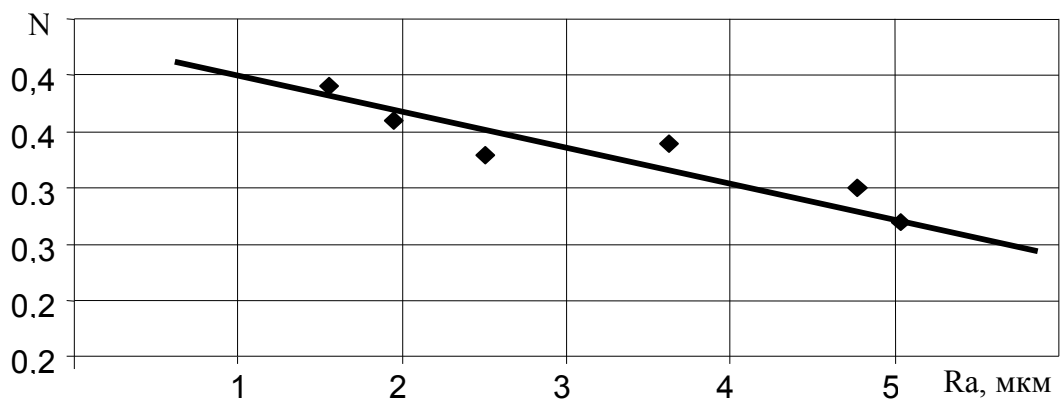


Рис. 3. Взаимосвязь шероховатости поверхности Ra и степени наклепа N в поверхностном слое образцов

Таким образом, проведенные исследования свидетельствуют о наличии взаимосвязи между параметрами качества поверхностного слоя (шероховатости и наклепа) в широких пределах изменения режимных условий обработки точением.

Более широкий анализ будет доступен после проведения исследований параметров наклепа по глубине поверхностного слоя образцов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Безъязычный, В. Ф. Метод подобия в технологии машиностроения / В.Ф. Безъязычный. – М.: Машиностроение, 2012. -320 с.
2. Инженерия поверхности деталей / кол. авт.; под ред. А.Г. Сулова. - М.: Машиностроение, 2008.-320 с.
3. Дёмкин, Н. Б. Качество поверхности и контакт деталей машин / Н.Б. Дёмкин, Э. В. Рыжов. – М.: Машиностроение, 1981. – 244 с.
4. Сулима, А. М. Качество поверхностного слоя и усталостная прочность деталей из жаропрочных сплавов / А. М. Сулима, М. И. Евстигнеев. – М.: Машиностроение, 1974. – 256 с.
5. Повышение эффективности обработки резанием: кол. моногр. / под ред. А.В. Киричека. – М.: Спектр, 2012. – 304 с.
6. Сергеев, А.С. Особенности построения математической модели расчета параметра шероховатости при многолезвийной обработке углеродистых сталей торцевыми фрезами / А.С. Сергеев, А.Л. Плотников, А.М. Макаров, Т.В. Уварова // Справочник. Инженерный журнал. – 2014. - № 12. – С. 22-28.

Материал поступил в редколлегию 17.06.15.