

2. Влияние наноструктурированных покрытий инструмента на оптимальную скорость резания при механической обработке точением/ Безъязычный В.Ф., Тимофеев М.В., Фоменко Р.Н: Справочник. Инженерный журнал, 2012, № 8, с. 38-43.
3. Пат. 131157. Российская Федерация, МПК G01L 5/16. Однокомпонентный динамометр для измерения тангенциальной составляющей силы резания при точении / Тимофеев М.В., Татаринцов А.Ю., Фоменко Р.Н. / заявитель и патентообладатель Рыбинский гос. авиационный технический университет, Общество с ограниченной ответственностью ООО «Технолог». – № 2012152761/28; заявл. 06.12.2012; опубл. 10.08.2013, Бюл. № 22. – 2 с.

Повышение сопротивления усталости деталей технологическими методами

к.т.н. Урядов С.А.
РГАТУ имени П. А. Соловьева
8(4855) 222-091 tadiom@rsatu.ru

Аннотация. В статье проанализировано влияние технологических условий ма-
ятникового и глубинного шлифования на параметры сопротивления усталости,
предложена эффективная методика обработки деталей с обеспечением требуемого
уровня предела выносливости.

Ключевые слова: шлифование, сопротивление усталости, эксплуатацион-
ные свойства

В современном машиностроении всю большую роль играет обеспечение требуемого качества выполнения деталей. Для разных отраслей промышленности доминирующими показателями качества детали могут пониматься различные ее эксплуатационные характеристики. Так, для пищевой и химической промышленности основной показатель качества – химическая и коррозионная стойкость, для металлургии – высокая прочность и теплостойкость и т.д. Часто требуется некая совокупность показателей качества. Например, для автомобильной промышленности наряду с высокими требованиями по себестоимости детали доминирующими являются сопротивление усталости, теплостойкость, масло- и бензостойкость, жесткость, прочность, герметичность и т.д.

Однако существуют отрасли промышленности, где перед деталью ставятся высочайшие требования по качеству, которые сильно усложняют технологический процесс изготовления и повышают стоимость детали. Такими отраслями являются атомная энергетика, авиация и космонавтика.

Механическая обработка (точение, фрезерование, шлифование, полирование и т.д.) вызывает пластическую деформацию, нагрев и структурные превращения в поверхностных слоях материала обрабатываемой детали и сопровождается появлением неравномерных по глубине остаточных деформаций и напряжений. В зависимости от того, какое явление преобладает (пластическая деформация, нагрев или структурные превращения), поверхностный слой может отличаться различными глубиной и степенью наклепа, величиной и знаком остаточных напряжений. Эти параметры, а также шероховатость поверхности, в основном характеризуют качество поверхностного слоя и оказывают существенное влияние на эксплуатационные свойства деталей машин.

Так как детали авиационной промышленности являются ответственными, для обеспечения работоспособности часто требуется высокая точность и низкая шероховатость, то одним из основных методов, завершающих технологический процесс изготовления детали, является шлифование.

Помимо высокой точности и низкой шероховатости, шлифование отличается также высокой производительностью и низкой себестоимостью, хорошо масштабируется и автоматизируется.

Одним из важнейших эксплуатационных свойств деталей является сопротивление усталости – способность деталей машин сопротивляться разрушению в течение определен-

ного промежутка времени при действии на них знакопеременных нагрузок.

Возрастающие требования к качеству выпускаемой продукции, особенно к ответственным деталям ГТД, ставят проблему обеспечения эксплуатационных свойств на основе нормирования параметров качества поверхностного слоя. В связи с этим перспективным представляется подход, при котором на стадии конструкторско-технологической подготовки производства осуществляется нормирование параметров поверхностного слоя, обеспечивающих заданное значение предела выносливости детали. Управляя процессом обработки, можно получить требуемые значения параметров шероховатости, глубины и степени наклепа, остаточных напряжений, необходимые для обеспечения прогнозируемого значения предела выносливости.

Оптимальным в настоящее время является определение критерия поврежденности материала по изменению модуля упругости. При повреждении детали происходит изменение характеристик материала: микротвердости, модуля нормальной упругости и других величин. Процесс образования усталостной трещины связан с локальным обрывом межатомной связи, а, следовательно, и с изменением модуля упругости. Поэтому по характеру изменения модуля упругости E можно судить о протекании процесса усталостного разрушения.

Одна из основных характеристик сопротивления усталости, предел выносливости материала детали, может быть рассчитана для случая маятникового шлифования по разработанной автором зависимости:

$$\sigma_{-1} = C \cdot \frac{\sigma_{-ИСХ}}{E_{ИСХ}} \cdot \left[0,885 \sqrt{\frac{v_D l}{a_D}} \left(1 + \sqrt{\frac{(\lambda c_p)_K}{(\lambda c_p)_D}} + \frac{0,565 \cdot t \cdot v_D}{lB} \cdot \sqrt{\frac{v_D l}{a_D}} \right) \right]^K \quad (1)$$

где: C и K – коэффициенты, зависящие от вида материала и метода обработки, значения коэффициентов для различных видов обрабатываемых материалов приведены в таблице 1; $\sigma_{ИСХ}$ и $E_{ИСХ}$ – предел выносливости и модуль упругости материала детали в исходном состоянии (до обработки); v_D – скорость движения детали; l – длина зоны контакта шлифовального круга с деталью; a_D – температуропроводность материала детали; $(\lambda c_p)_K$ и $(\lambda c_p)_D$ – произведение коэффициента теплопроводности и удельной объемной теплоемкости материала абразивного круга и детали соответственно; t – припуск на обработку; B – ширина обрабатываемой детали.

Таблица 1.

Значения коэффициентов C и K для маятникового шлифования

Обрабатываемые материалы	Коэффициенты	
	$C, 10^{11}$	K
Жаропрочные никелевые сплавы	1,16	0,198
Титановые сплавы	0,36	0,372
Конструкционные стали	1,37	0,113

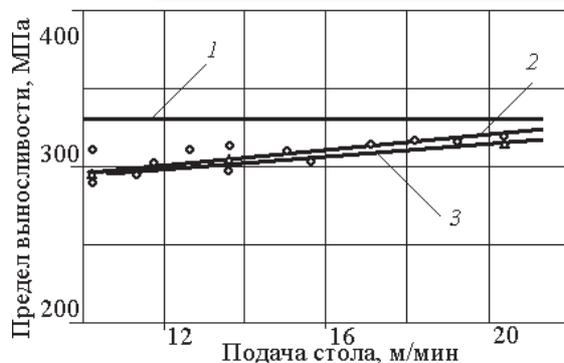


Рисунок 1. Зависимость предела выносливости образца от технологических условий маятникового шлифования для стали 20X



Рисунок 2. Зависимость предела выносливости образца от технологических условий маятникового шлифования для титанового сплава ВТ20: 1 – необработанный образец; 2 – расчет; 3 – эксперимент

На рисунках 1 и 2 представлены зависимости между пределом выносливости обработанного образца и технологическими условиями обработки. Там же показано значение предела выносливости материала образца в отожженном состоянии, т.е. $\sigma_{-1\text{ИСХ}}$.

Зависимость (1) позволяет определить предел выносливости с учетом от принятых режимов обработки, параметров круга, характеристик обрабатываемого материала, так как величины, входящие в формулу, могут быть рассчитаны без проведения экспериментов.

С учетом зависимостей, описывающих влияние режимных условий обработки на параметры качества поверхностного слоя, получена формула для определения предела выносливости материала детали от параметров качества поверхностного слоя:

$$\sigma_{-1} = C \cdot Ra^{y_1} \cdot \sigma_{\max}^{y_2} \cdot h_H^{y_3} \quad (2)$$

где: C – константа, зависящая от материала детали; Ra – шероховатость поверхности; σ_{\max} – максимальные остаточные напряжения в поверхностном слое детали; h_H – глубина наклепа в поверхностном слое детали.

Обобщенные зависимости вида (2) для различных материалов при плоском маятниковом шлифовании приведены в таблице 2.

Таблица 2

Зависимости вида (2) для плоского шлифования

Обрабатываемые материалы	Зависимость
Жаропрочные никелевые сплавы	$\sigma_{-1} = 1151 R_a^{-0,2153} \cdot \sigma_{\max}^{-0,095} \cdot h_H^{0,164}$
Титановые сплавы	$\sigma_{-1} = 1465 R_a^{-0,4042} \cdot \sigma_{\max}^{-0,095} \cdot h_H^{0,164}$
Конструкционные стали	$\sigma_{-1} = 653 R_a^{-0,0881} \cdot \sigma_{\max}^{-0,095} \cdot h_H^{0,164}$

Исследуя данные зависимости, можно сделать следующие выводы:

1. Плоское маятниковое шлифование

Данный метод резко понижает предел выносливости детали, выполненной из любого материала. Причем уменьшение тем сильнее, чем ниже теплопроводность материала. Также предел выносливости сильно зависит от скорости движения детали: чем ниже скорость движения, тем больше падение предела выносливости.

Данное явление объясняется изменением в поверхностном слое детали величины растягивающих остаточных напряжений. Чем медленнее движется деталь относительно шлифовального круга, рассматриваемого здесь в качестве теплового источника известной мощности, тем более высокой оказывается температура поверхности. Это вызывает сильные пластические деформации поверхностных слоев металла, которые при остывании детали, образуют значительные по величине и глубине залегания, растягивающие остаточные напряжения. Следовательно, чтобы обеспечить приемлемый уровень предела выносливости деталей при обработке данным методом, требуется максимально интенсифицировать его процесс, задавая на станке максимально возможные режимы перемещения рабочего стола. Однако данная рекомендация не всегда осуществима, т.к. с увеличением скорости подачи стола резко растут силы резания. Это приводит, в свою очередь, к изменению конструкции применяемой оснастки и увеличению потребной мощности приводов.

2. Глубинное шлифование

Обработка деталей по данному методу всегда сопровождается повышением предела выносливости деталей. Причем чем больше силы резания, оказываемые на деталь инструментом (меньше скорость вращения шлифовального круга), тем больше предел выносливости получаемой детали.

Это обуславливается тем, что благодаря интенсивному охлаждению температуры в зоне резания относительно невелики, а силы резания значительны. Таким образом, преобладающим фактором при данном методе обработки является силовой. Именно данный фактор обуславливает формирование в поверхностном слое детали сжимающих остаточных напряжений, которые увеличивают предел выносливости детали.

Можно рассматривать шлифовальный круг как тепловой источник с определенной

мощностью, определяющим фактором которой будет являться скорость его вращения. Следовательно, при уменьшении частоты вращения шпинделя станка, мощность тепловыделения в зоне резания будет так же уменьшаться. Это приводит к дальнейшему повышению роли силового фактора в зоне резания и в итоге, росту предела выносливости детали.

Таким образом, среди методов абразивной обработки, с точки зрения обеспечения максимального предела выносливости, можно выделить глубинное шлифование. При любых режимах обработки данный метод обеспечивает повышение сопротивления усталости детали относительно заготовки. Причем чем выше силы резания в зоне обработки (ниже скорость вращения круга), тем повышение предела выносливости больше.

Полученные сведения по назначению условий механической обработки, исходя из требуемых значений пределов выносливости, могут быть непосредственно использованы в цеховых производственных условиях для обеспечения высоких эксплуатационных свойств обрабатываемых деталей.

Обеспечение качества поверхностного слоя и снижение технологической себестоимости при токарной обработке

Акинъшин Р.Н.
МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва
ruller003@mail.ru

Аннотация. Рассмотрены проблемы, возникающие при точении заготовок из труднообрабатываемых материалов. Предложено использовать параметры шероховатости поверхности, оказывающие значительное влияние на эксплуатационные свойства деталей машин, для оценки качества поверхностного слоя. Приведены способы расчета указанных параметров при токарной обработке. Представлена методика выбора оптимального режима резания при точении, позволяющая снизить себестоимость обработки и обеспечить требуемые параметры качества поверхности.

Ключевые слова: токарная обработка, технологическая себестоимость, производительность обработки, качество поверхностного слоя, шероховатость поверхности

Разработка новых изделий в машиностроении, повышение их эксплуатационных характеристик связаны с освоением и использованием различных материалов, обладающих специфическими физическими, химическими и другими свойствами. Подобные сплавы (жаропрочные, жаростойкие, коррозионностойкие, высокопрочные, магнитные и т. п.) являются труднообрабатываемыми, что подразумевает большие затраты труда и материальных ресурсов на производство деталей из них. Несмотря на тенденцию к повышению точности заготовительных методов (литья, обработки давлением, порошковой металлургии) и получению готовых деталей без последующей механической обработки, доля обработки резанием по прежнему занимает большую часть технологического процесса изготовления деталей. По одним данным 80...85% заготовок подвергаются обработке резанием, а ее трудоемкость достигает 50...60% и более от общей трудоемкости изготовления машиностроительных изделий [1], по данным другого источника [2], доля обработки резанием в технологическом процессе изготовления деталей по трудоемкости и производственным затратам составляет 40...60% общих затрат.

Целью работы является снижение технологической себестоимости токарной обработки заготовок из труднообрабатываемых материалов при гарантированном обеспечении качества поверхностного слоя деталей.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Анализ составляющих технологической себестоимости и способов ее снижения.
2. Анализ влияния условий обработки (режима резания, материала режущей части инструмента и его геометрических параметров) на качество поверхностного слоя (параметры