

УДК 621.9.079.621.7.079(031)

## **УСТРОЙСТВО И МЕТОДИКА ЭКСПРЕСС-ОЦЕНКИ СМАЗОЧНОГО МАТЕРИАЛА ПРИ ОБРАБОТКЕ РЕЗАНИЕМ**

*В.А. ГОДЛЕВСКИЙ, В.В. МАРКОВ*

**(Ивановский государственный университет,  
Ивановский государственный энергетический университет)**

Требования к качеству поверхности тканепроводящих элементов отделочного оборудования текстильной промышленности заставляют технологов-машиностроителей оптимизировать процесс обработки роликов, тканенаправителей и других деталей, изготавливаемых, как правило, из высоколегированной нержавеющей стали.

Одним из путей совершенствования процесса обработки является применение при резании эффективных смазочно-охлаждающих технологических средств (СОТС), оптимизация многокомпонентного состава которых является трудоемкой

экспериментальной задачей. Настоящее исследование посвящено методическому обеспечению такого рода работ.

Предлагается выполнять сравнительные испытания модельных составов СОТС с помощью разработанного одним из авторов устройства, позволяющего моделировать процесс обработки резанием. В основе диагностики трибологических свойств СОТС при резании лежит идея из [1], заключающаяся в том, что при царапании острым индентором поверхности пластичного металла образующийся перед индентором валик деформируемого металла

влияет на форму и глубину поперечного сечения царапины и изменяет усилие резания.

Такого рода эксперимент отличается от обычных трибологических испытаний смазочных материалов тем, что дает информацию не только о трении, но и об изменении условий пластического деформирования в тонком слое обрабатываемого материала, то есть об условиях стружкообразования, являясь таким образом более точной имитацией процесса резания, чем процесс обычного трения.

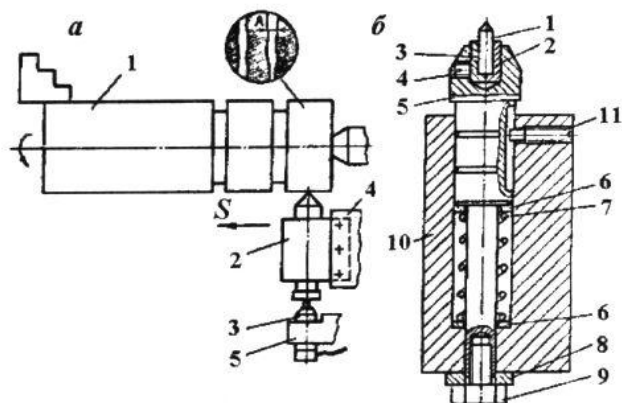


Рис. 1

Для реализации высказанной идеи сконструировано устройство, изображенное на рис. 1, где а) общий вид установки: 1 – заготовка; 2 – деформирующее устройство; 3 – датчик БВ-844; 4 – резцедержатель; 5 – крепление датчика; б) устройство для резания конусом: 1 – рабочий конус; 2, 3 – половины вкладыша-держателя; 4 – зажимной винт; 5 – шток; 6, 8 – шайбы; 7 – пружина; 9 – регулировочный винт; 10 – конус; 11 – винт-шпонка; S – направление подачи индентора.

Пружинное устройство состоит из корпуса 10, в котором перемещается подпружиненный шток 5. На конце штока имеется гнездо для крепления рабочего конуса 1, выполненного из инструментального материала (нами использовался твердый сплав ВК8).

Усилие нажима рабочего конуса на обрабатываемую поверхность устанавливается при помощи регулировочной сменной шайбы 8 и регулировочного винта 9. От проворачивания штока в процессе резания

предохраняет шпонка 11. Пружинное устройство для резания конусом 2 устанавливалось в резцедержателе станка. Датчик самописца БВ-844 3 при помощи специального крепления 5 также устанавливался в резцедержателе 4 станка.

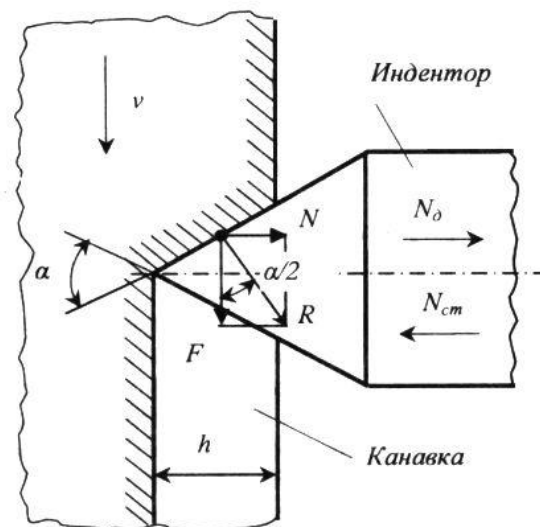


Рис. 2

Заточка рабочего конуса 1 (рис. 2 – схема сил, действующих на конический индентор, формирующий канавку глубиной  $h$ ) производилась на универсальном заточном станке непосредственно в пружинном устройстве для резания конусом. При заточке вынималась шпонка 11, а штоку 5 придавалось вращательное движение вокруг своей оси. Пружинное устройство устанавливалось в резцедержателе таким образом, чтобы вершина рабочего конуса лежала в диаметральной плоскости обрабатываемой детали.

Индентирование поверхности производилось аналогично процессу точения резцовым резцом при следующем режиме резания:  $v = 1,8$  м/с;  $s = 0,7$  мм/об;  $t = 0,2$  мм.

Выбранная величина подачи обеспечивала удаление одной прорези на детали от другой на расстояние, значительно превышающее размеры зоны пластического деформирования.

Диаграмма усилия резания записывалась самописцем БВ-662 с измерительного датчика БВ-844 с увеличением в 1000 раз. Размеры канавки (паза), полученные рабочим конусом, промерялись в 80 последовательно расположенных точках при помощи

инструментального микроскопа МИМ-7 с ценой деления 0,01 мм.

С целью повышения достоверности диагностики процесса для оценки ширины канавки и разброса значений этой величины использовались методы статистической обработки данных. При измерении ширины канавки брали 80 последовательно расположенных случайных точек. Было установлено, что разброс результатов этих измерений близко соответствует нормальному закону распределения.

Мы предположили, что параметр разброса значений ширины канавки отражает периодический характер пластического деформирования, которое протекает с чередованием периодов накопления напряжения и их релаксации.

При реализации предложенного метода было важно аналитическим путем установить, каким образом связаны смазочные свойства испытываемых СОТС с измеряемыми параметрами процесса.

При данном методе диагностики регистрируемыми параметрами являются ширина канавки  $h$  и нормальная сила отжима конуса  $N$ . Для построения аналитической модели процесса представлена статическая картина сил, действующих на конический индентор при индентировании (рис. 2).

Под действием статической силы предварительного нагружения  $N_{ст}$  индентор погружается в испытываемый материал на глубину  $h$ . При движении индентора относительно субстрата со скоростью  $v$  на него будет действовать тангенциальная сила  $F$ , которая является результатом суперпозиции силы пластического деформирования  $\bar{F}_{пл}$  и силы трения индентора  $\bar{F}_{тр}$  о стенку образуемой им канавки:

$$\bar{F} = \bar{F}_{пл} + \bar{F}_{тр} \quad (1)$$

или

$$\bar{F} = S_{см} \sigma_T + \bar{F}_{тр}, \quad (2)$$

где  $S_{см}$  – площадь сминаемого слоя в сечении, перпендикулярном вектору скорости индентора;  $\sigma_T$  – предел текучести испытываемого материала.

Регистрируемая в эксперименте сила отжатия конуса  $N$  определяется с учетом предварительной нагрузки  $N_{ст}$ , прилагаемой к конусу посредством пружины до начала тангенциального движения:

$$\bar{N} = \bar{N}_{ст} + \bar{N}_д, \quad (3)$$

где  $\bar{N}_{ст}$  – статическая сила предварительной нагрузки;  $\bar{N}_д$  – динамическая сила отжатия, возникающая при движении конуса.

Для применяемого в нашем эксперименте угла при вершине конуса  $\alpha = 60^\circ$  значение площади смятия составит  $S_{см} = h^2/2$ . Тогда силу пластического деформирования можно выразить так:

$$F_{пл} = \frac{h^2}{2} \sigma_T. \quad (4)$$

В этом случае для  $\alpha = 60^\circ$  из (1) с учетом (4) следует

$$F_{тр} = F - \frac{h^2}{2} \sigma_T. \quad (5)$$

Из рис. 2 видно, что

$$F = \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} N = \operatorname{tg} 30^\circ N = 0,577 N. \quad (6)$$

Следовательно, из (5) и (6):

$$F_{тр} = 0,577 N - \frac{h^2}{2} \sigma_T. \quad (7)$$

Таким образом, при заданных свойствах материала, определяемых пределом его текучести, и заданном угле конического индентора становится возможным рассчитывать силу  $F_{тр}$  (назовем ее условной силой трения). Однако эта сила не является точным аналогом силы трения при обычном скольжении, поскольку поверхность трения в данном случае не является ни плоской, ни цилиндрической, а представ-

ляет собой половину конической образующей.

По причине такой сложной геометрии поверхности трения в данном случае затруднительно с помощью этого параметра рассчитать коэффициент трения.

Условная сила трения, несмотря на ее "условность", тем не менее адекватно отражает интенсивность трения на поверхности индентора – трения, имеющего место при плотном контакте индентора с материалом, интенсивной адгезии и соответствующем ограничении доступа смазочной среды. Такое трение довольно близко имитирует влияние смазочной среды на стружкообразование.

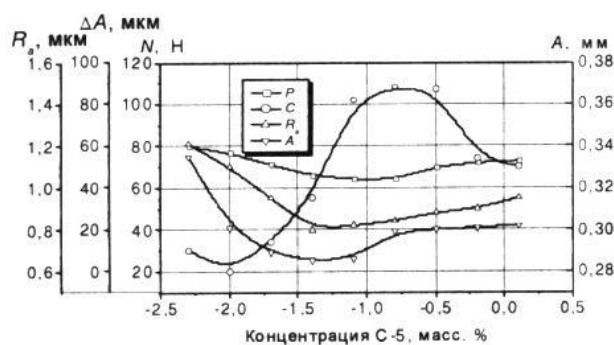


Рис. 3

Результаты выполненных с помощью описанного устройства экспериментов изображены на рис. 3. Проводились испытания влияния концентрации поверхностно-активного вещества (ПАВ) синтамида-5 на параметры индентирования поверхности стали 12Х18Н10Т: силу отжима конуса  $N$ , среднюю ширину канавки  $A$ , амплитуду колебания ширины канавки  $\Delta A$  и шероховатость обработанной поверхности  $R_a$  (последний параметр определялся при точении того же материала).

Из рис. 3 можно заключить о взаимозависимости измеряемых параметров, что свидетельствует о работоспособности предложенного устройства и метода диагностики.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Кузнецов В.Д. Физика резания и трения металлов и кристаллов. – М: Наука, 1977.

Рекомендована кафедрой технологии автоматизированного машиностроения ИГЭУ. Поступила 07.06.04.