

БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНА ОЦІНКА ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ГІДРОСТАТИЧНИХ ПІДШИПНИКІВ

Гордєєв О.Ф., Полінкевич Р.М., Мельничук М.Г. (ЛНТУ, м. Луцьк, Україна)

Було проведено порівняння характеристик ГСП: 1) радіального без дренажних канавок; 2) радіального бездросельного. В якості еталонного були обрані параметри радіального ГСП з дренажними канавками між кишенями, які наведені в табл. 1. Матриця π_{ij}^E розмірних показників еталонного радіального ГСП з дренажними канавками приведена в вигляді таблиці 2. Ці показники отримані з експериментального ГСП, який досліджувався в лабораторних та виробничих умовах. Параметр $x_0 = N_{mp}/d$, має фізичний зміст як удільна втрата потужності в ГСП на 1 мм його внутрішнього діаметру.

Таблиця 1. Загальний вигляд матриці показників якості ГСП

$x_0 = N_{mp}/d$, мм		1	0	0
Параметри		(dn), мм/хв	Q , Н	J_{cm} , Н/мкм
		у ₁	у ₂	у ₃
d, мм	z ₁	π_{11}	π_{21}	π_{31}
l, мм	z ₂	π_{12}	π_{22}	π_{32}
N_{mp} , кВт	z ₃	π_{13}	π_{23}	π_{33}
$N_{вн}$, кВт	z ₄	π_{14}	π_{24}	π_{34}
S_n , бал.	z ₅	π_{15}	π_{25}	π_{35}

В таблиці 1 в якості зменшуваних параметрів прийнято: l – осьовий габаритний розмір ГСП, мм; D – діаметральний розмір ГСП; N_{mp} , $N_{вн}$ – втрати потужності на тертя і прокачування мастила, кВт; S_n – вартість підшипника, бал.

Прийmemo для еталонної опори: $p_H = 4$ МПа; $D = 50$ мм; $L = D = 50$ мм; $l = 5$ мм; $b = 5$ мм; розмір канавки $b' = b/2 = 2,5$ мм; $\gamma = 0,4$ π; $e = 0,5\Delta$; $m = 1$; $\Delta = 50$ мкм = 0,05 мм;

$(dn)_{max} = 10^6$ мм хв⁻¹; $n = 20000$ хв⁻¹; $\omega = \frac{\pi n}{30} \approx 2000$ с⁻¹; $\eta = 0,95$; $\mu = 30$ мПа·с (мастило

Індустріальне 20).

Таблиця 2. Матриця π_{ij}^E розмірних показників еталонного ГСП

Параметри ГСП		(dn), мм/хв	Q , кН	J_{cm} , Н/мкм
		$1 \cdot 10^6$	52,2	161,6
d, мм	50	2,00E+04	1,04E+00	3,23E+00
l, мм	50	2,00E+04	1,04E+00	3,23E+00
N_{mp} , кВт	3,057	3,27E+05	1,71E+01	5,29E+01
$N_{вн}$, кВт	0,8	1,25E+06	6,53E+01	2,02E+02
S_n , бал.	1	1,00E+06	5,22E+01	1,62E+02

Далі, в таблицях 3 – 4 приведені матриці π_{ij}^E розмірних показників, які обчислені в MathCad: ГСП без дренажних канавок і бездросельного ГСП з однаковими габаритними розмірами; в таблицях 5 та 6 приведені матриці $\pi_{ij} = \pi_{ij}^I / \pi_{ij}^E$ відносних показників тих же ГСП, а на рисунках (рис. 1 і 2) – об'ємні профілі цих матриць.

Таблиця 3. Матриця π_{ij}^E розмірних показників ГСП без дренажних канавок

$x_0 = N_{mp} / d$, мм		(dn) , мм/хв	Q , кН	J_{cm} , Н/мкм
0,05146		$1 \cdot 10^6$	46,6	121,3
d, мм	50	2,00E+04	2,43E+00	3,23E+00
l, мм	50	2,00E+04	2,43E+00	3,23E+00
N_{mp} , кВт	2,573	3,89E+05	4,71E+01	5,29E+01
$N_{вн.}$, кВт	0,44	2,27E+06	2,76E+02	2,02E+02
S_n , бал.	0,8	1,25E+06	5,83E+01	1,52E+02

Таблиця 4. Матриця π_{ij}^E розмірних показників бездросельного ГСП

$x_0 = N_{mp} / d$, мм		(dn) , мм/хв	Q , кН	J_{cm} , Н/мкм
0,07444		$1 \cdot 10^6$	64,7	149,3
d, мм	50	2,00E+04	1,29E+00	2,43E+00
l, мм	50	2,00E+04	1,29E+00	2,43E+00
N_{mp} , кВт	3,722	2,69E+05	1,74E+01	3,26E+01
$N_{вн.}$, кВт	0,89	1,12E+06	7,27E+01	1,36E+02
S_n , бал.	1,4	7,14E+05	4,62E+01	1,07E+02

Таблиця 5. Матриця $\pi_{ij} = \pi_{ij}^I / \pi_{ij}^E$ відносних показників ГСП без дренажних канавок

Відносні параметри		(dn) , мм/хв	Q , кН	J_{cm} , Н/мкм
		1,00E+00	8,93E-01	7,51E-01
d, мм	1	1,00E+00	8,93E-01	7,51E-01
l, мм	1	1,00E+00	8,93E-01	7,51E-01
N_{mp} , кВт	0,84	1,19E+00	1,06E+00	8,92E-01
$N_{вн.}$, кВт	0,55	1,82E+00	1,62E+00	1,36E+00
S_n , бал.	0,8	1,25E+00	1,12E+00	9,38E-01
Σ		6,26E+00	5,59E+00	4,70E+00
Середній індекс якості $\pi_{cp} = 1,1$				

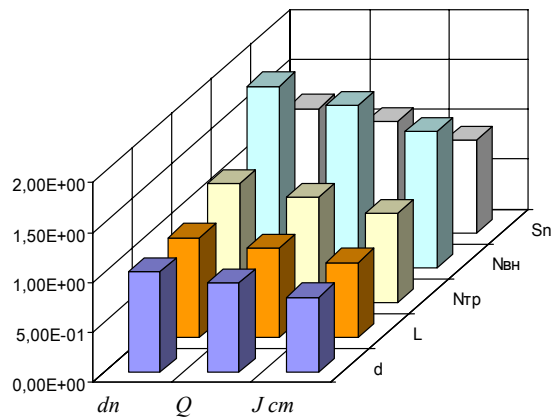


Рис. 1. Профіль матриці відносних показників ГСП без дренажних канавок

Таблиця 6. Матриця $\pi_{ij} = \pi_{ij}^P / \pi_{ij}^E$ відносних показників бездросельного ГСП

Відносні параметри		(dn) , мм/хв	Q , кН	J_{cm} , Н/мкм
		1,00E+00	1,24E+00	9,24E-01
d , мм	1	1,00E+00	1,24E+00	9,24E-01
l , мм	1	1,00E+00	1,24E+00	9,24E-01
N_{mp} , кВт	1,22	8,21E-01	1,02E+00	7,59E-01
N_{bn} , кВт	1,11	8,99E-01	1,11E+00	8,30E-01
S_n , бал.	1,4	7,14E-01	8,85E-01	6,60E-01
Σ		4,43E+00	5,50E+00	4,10E+00
Середній індекс якості $\pi_{cp} = 0,94$				

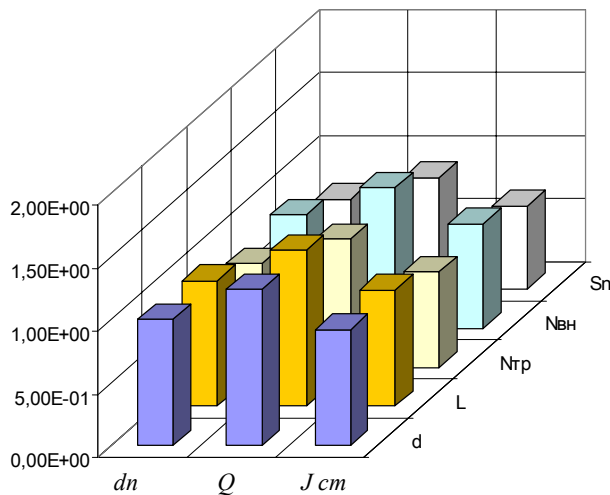


Рис. 2. Профіль матриці відносних показників бездросельного ГСП

Висновки. При однакових параметрах і мащенні ГСП: **1.** ГСП №2 кращий по швидкохідності. **2.** По жорсткості J_{cm} є кращім ГСП №1. **3.** ГСП №3 має найбільшу вартість досягання навантажувальних і швидкісних характеристик. **4.** Найгірший середній індекс якості $\pi_{cp} = 0,94$ має ГСП №3 в основному за рахунок більшої його вартості.

Список літератури: **1.** Исследование гидростатических опор и уплотнений двигателей летательных аппаратов: Темат. сборник науч. трудов. / Под ред. Н.П. Артеменко. - Харьков: ХАИ, 1982. Вып. 1.- 168 с. **2.** Пуш А.В. Расчет и проектирование гидростатических подшипников. Часть 1. Гидростатические подшипники. - М.: Мосстанкин, 1978. - 48 с. **3.** Пуш А.В.

Расчет сил демпфирования в гидростатических подшипниках// В кн.: Споры скольжения с внешним источников давления, Вып. 3. - Красноярск: КПИ, 1979. - С. 72-83. **4.** Пуш А.В. Шпиндельные узлы: Качество и надежность. - М.: Машиностроение, 1992. - 288 с.

ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТЕЙ СНИЖЕНИЯ ШЕРОХОВАТОСТИ ПОВЕРХНОСТЕЙ ПРИ ТОНКОМ ТОЧЕНИИ И АЛМАЗНОМ ВЫГЛАЖИВАНИИ

Губин Т.И., Ивченко Т.Г. (каф. ТМ, ДонНТУ, г. Донецк, Украина)

Исследование технологических возможностей различных методов механической обработки в обеспечении качества поверхностного слоя деталей машин являются весьма актуальными в современном машиностроительном производстве.

В настоящее время, как для лезвийной, так и для отделочно-упрочняющей обработок, хорошо известны основные закономерности формирования поверхностного слоя деталей, широко представленные в справочно-нормативной литературе в виде теоретических и эмпирических зависимостей [1, 2]. Однако, для практического использования и обоснования рационального выбора того или иного метода в конкретных условиях обработки имеющейся информации недостаточно.

Одним из перспективных направлений повышения эффективности производства является комбинирование лезвийной и отделочно-упрочняющей обработок, обеспечивающих как снижение трудоемкости за счет совмещения операций, так и высокое качество поверхностного слоя [3, 4]. В настоящее время весьма эффективным способом повышения качества обработки деталей является применение инструментов из сверхтвердых материалов. Однако сведения об особенностях комбинированной обработки, в том числе и обработки тонким точением и алмазным выглаживанием, практически отсутствуют, что весьма ограничивает область ее рационального применения.

Цель работы – исследовать возможности снижения шероховатости поверхностного слоя при различных видах лезвийной, отделочно-упрочняющей и комбинированной обработках и обосновать область их рационального применения.

В настоящей работе исследованы закономерности формирования параметров шероховатости при обработке тонким точением, обкатыванием и алмазным выглаживанием наружных поверхностей вращения деталей из закаленных сталей.

Для тонкого точения закаленных сталей с использованием современных сверхтвердых инструментальных материалов параметр шероховатости поверхности R_a [2]:

$$R_{a1} = 0,16 S^{0,59} (90 + \gamma)^{0,66} / r^{0,29} V^{0,19} . \quad (1)$$

где S - подача, γ - передний угол, r - радиус при вершине резца, V - скорость резания.

При обкатывании шариками и алмазном выглаживании наружных цилиндрических поверхностей деталей из закаленных сталей параметр шероховатости R_a [2]:

$$R_{a2} = R_{z\text{ исх}}^{0,95} (\sigma_{\max})^{-0,24} d^{-0,13} S^{0,14} V^{0,04} , \quad (2)$$

$$R_{a3} = 1,1 R_{z\text{ исх}}^{0,77} (\sigma_{\max})^{-0,27} d_a^{-0,3} S^{0,14} V^{0,05} , \quad (3)$$

где $R_{z\text{ исх}}$ – исходная шероховатость; σ_{\max} – максимальные напряжения на контакте; d – диаметр ролика; d_a – диаметр алмазного индентора.

Как следует из представленных зависимостей скорость, как при точении, так и при обкатывании, оказывает весьма незначительное влияние на шероховатость в

сравнении с подачей, поэтому в представленной работе выполняется анализ возможности управления шероховатостью за счет изменения подачи.

Графики зависимости параметров шероховатости от подачи для различных видов обработки закаленных сталей представлены на рис. 1. Условия обработки: материал детали - сталь ШХ15 твердостью HRC63; при тонком точении эльбором передний угол $\gamma = 5^\circ$, радиус при вершине $r = 1\text{мм}$, скорость резания $V = 100\text{м/мин}$; при обкатывании и выглаживании: диаметр шарика $d = 10\text{мм}$, диаметр алмазного индентора $d_a = 5\text{мм}$, исходная шероховатость $R_{z\text{исх}} = 2\text{мкм}$, напряжения $\sigma_{\text{max}} = 5000\text{МПа}$, скорость $V_o = 100\text{м/мин}$.

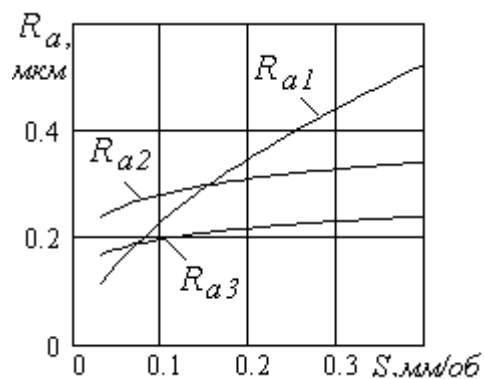


Рис.1. Графики зависимости параметров шероховатости при тонком точении R_{a1} , обкатывании шариками R_{a2} и выглаживании R_{a3} от подачи S

Наилучшими возможностями по обеспечению шероховатости поверхности обладает алмазное выглаживание, обеспечивающие при прочих сопоставимых условиях наименьшее значение параметра шероховатости R_{a3} . В области малых подач малую шероховатость имеет и тонкое точение, однако, с увеличением подачи шероховатость при обкатывании шариками и алмазном выглаживании значительно ниже.

Основные особенности комбинированной обработки, использующей специальные инструменты, сочетающие в себе режущие и деформирующие элементы, заключаются в том, что скорость главного движения и скорость подачи для каждой из комбинируемых обработок являются

одинаковыми, в связи с чем необходимо устанавливать их одновременное влияние на изменение параметров поверхностного слоя при каждой из комбинируемых обработок с учетом зависимости параметров окончательной отделочно-упрочняющей обработки от параметров, формируемых при предшествующей лезвийной.

Для комбинированной обработки тонким точением и обкатыванием, а также тонким точением и алмазным выглаживанием расчет параметров шероховатости выполняется по формулам (6) и (7), где в качестве исходной $R_{z\text{исх}}$ используются значения параметра шероховатости R_{a4} , в свою очередь существенно зависящие от подачи:

$$R_{a4} = \left(0,8(90 + \gamma)^{0,66} / r^{0,29} V^{0,19}\right)^{0,95} (\sigma_{\text{max}})^{-0,24} d^{-0,13} S^{0,7} V^{0,04}, \quad (4)$$

$$R_{a5} = 1,1 \left(0,8(90 + \gamma)^{0,66} / r^{0,29} V^{0,19}\right)^{0,77} (\sigma_{\text{max}})^{-0,27} d_a^{-0,3} S^{0,59} V^{0,05}. \quad (5)$$

Графики зависимости параметров шероховатости от подачи для указанных видов комбинированной обработки, представленные на рис. 2, свидетельствуют о том, что меньшую шероховатость обеспечивает совместное тонкое точение и выглаживание.

В связи с тем, что при комбинированной обработке исходная шероховатость $R_{a\text{исх}}$ переменна и уменьшается с уменьшением подачи, параметр шероховатости $R_{a\text{комб}}$, формируемый в результате комбинированной обработки меньше, чем при обычной отделочно-упрочняющей обработке. Следовательно, при комбинированной обработке для одних и тех же подач может быть достигнута меньшая шероховатость поверхностного слоя, чем при обычной отделочно-упрочняющей обработке.

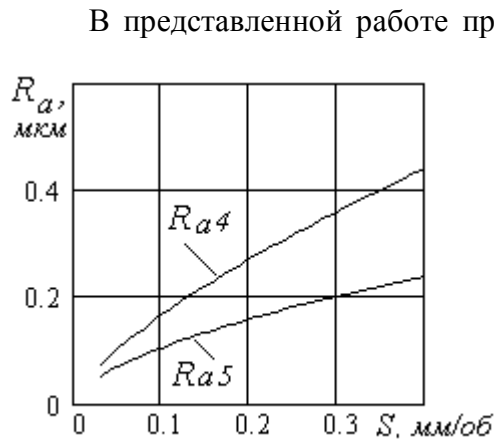


Рис.2. Графики зависимости параметров шероховатости при комбинированной обработке тонким точением и обкатыванием R_{a4} , а также выглаживанием R_{a5}

снижения шероховатости для двух указанных видов комбинированной обработки практически одинаков и с увеличением подачи снижается.

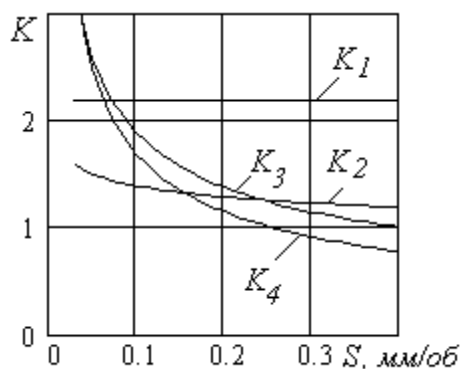


Рис.3. Графики зависимости коэффициентов снижения шероховатости K от подачи S при обработке закаленных сталей

обработок.

В представленной работе предлагается для количественной оценки изменения шероховатости при различных методах обработки ввести коэффициент снижения шероховатости, равный отношению параметров шероховатости оцениваемого R_{ao} и сравниваемого R_{ac} вариантов обработки:

$$K = R_{ao} / R_{ac} . \quad (6)$$

Графики зависимости коэффициентов снижения шероховатости от подачи представлены на рис. 3. Для комбинированной обработки тонким точением и обкатыванием ($K_1 = R_{a4} / R_{a1}$), а также тонким точением и алмазным выглаживанием ($K_2 = R_{a5} / R_{a1}$) в сравнении с тонким точением, шероховатость снижается до 2 раз и, практически, не зависит от подачи. Для комбинированной обработки в сравнении с обкатыванием ($K_3 = R_{a4} / R_{a2}$) и выглаживанием ($K_4 = R_{a5} / R_{a3}$) шероховатость снижается до 3 раз, причем для коэффициент

Таким образом, выполнена сравнительная оценки параметров шероховатости обработанной поверхности детали при тонком точении, обкатывании и алмазном выглаживании, а также комбинированных обработках, на основании которой может регламентироваться выбор рациональных подач, обеспечивающие заданный уровень качества поверхностного слоя деталей. Обоснована возможность повышения качества поверхностного слоя при использовании комбинированных методов обработки.

Разработанная методика может быть применена для любых видов комбинированной лезвийной и отделочно-упрочняющей

Список литературы: 1. Суслов А.Г. Качество поверхностного слоя деталей машин. - М.: Машиностроение, 2000. - 320с. 2. Качество машин: Справочник. В 2 т. Т.1 / А.Г. Суслов, Э.Д. Браун, Н.А. Виткевич и др. - М.: Машиностроение, 1995.-256с. 3. Дубоделова О.С., Ивченко Т.Г. Определение остаточных напряжений в поверхностном слое детали при совместной обработке точением и обкатыванием. ИНЖЕНЕР: студенческий научно-технический журнал / Донецк: ДонНТУ, 2005, № 6. - С.132-135. 4. Рудина И.А., Степутина Т.А., Ивченко Т.Г. Повышение качества деталей машин за счет применения комбинированных методов механообработки // Машинознавство / Матеріали 8-ої регіональної науково-методичної конференції. - Донецьк: ДонНТУ, 2006. – С.94-97.

ИССЛЕДОВАНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ИНТЕНСИВНОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ ШЕРОХОВАТОСТИ ПРИ ОБРАБОТКЕ СВОБОДНЫМИ АБРАЗИВАМИ

Остроух В.В. (кафедра ТМс ДГТУ, г.Ростов-на-Дону, Россия)

Важнейшей задачей современного машиностроения является создание, освоение и внедрение в производство новой высокоэффективной техники и технологии, обеспечивающей рост производительности труда, снижение материало- и энергоемкости, улучшение качества и эксплуатационных характеристик выпускаемой продукции, повышение ее конкурентоспособности в условиях рынка. Решение этой задачи связано с возрастанием трудоемкости и сложности конструкторских и технологических работ.

При решении сложных технологических задач в области отделочной обработки, когда необходимо получить высокое качество обрабатываемой поверхности детали при грубой исходной шероховатости применяется многоступенчатая обработка деталей свободными абразивами. Это позволяет в ряде случаев существенно сократить время обработки деталей, т.е. повысить ее производительность, обеспечивает требуемую точность и качество деталей, позволяет улучшить их эксплуатационные характеристики. Для многих случаев многоступенчатая обработка свободными абразивами является единственной возможностью получения заданной шероховатости поверхности.

Однако проектирование многоступенчатых технологических процессов обработки деталей свободными абразивами осложнено отсутствием теоретических моделей, пригодных для автоматического моделирования и оптимизации.

Поэтому следует считать актуальными исследования, направленные на разработку теоретических моделей процессов обработки деталей свободными абразивами, создание которых позволит формализовать и автоматизировать процесс проектирования многоступенчатых ТП.

Изменение шероховатости поверхности при обработке свободными абразивами носит экспоненциальный характер. Скорость образования нового рельефа снижается от максимального значения в начальный период, до значений малоотличающихся от нуля к моменту образования установившейся шероховатости, что свидетельствует о формировании непрерывно воспроизводимого рельефа поверхности. Каждой комбинации технологических параметров соответствует такая удельная плотность взаимодействий и такой уровень энергии абразивных частиц которые однозначно определяют как продолжительность периода достижения установившейся шероховатости $t_{Ra_{уст}}$ так и высотные параметры установившегося рельефа, причем последние не зависят от исходной шероховатости. Вышеуказанным условиям удовлетворяет выражение

$$R_a(t) = (R_a^{исх} - R_{a_{уст}}) e^{k_{и}t} + R_{a_{уст}}, \quad (1)$$

где $R_a^{исх}$ - среднее арифметическое отклонение исходной шероховатости;

$R_{a_{уст}}$ - среднее арифметическое отклонение установившейся шероховатости;

$k_{и}$ - коэффициент интенсивности изменения шероховатости;

t - время обработки.

Определив $k_{и}$ и $R_{a_{уст}}$ для конкретных условий обработки и подставив в выражение (1) вместо R_a заданное значение этого параметра $R_a^{зад}$ при условии $R_a^{зад} > R_{a_{уст}}$ получим требуемую продолжительность обработки для изменения шероховатости от исходной до заданной. Расчет значений коэффициента интенсивности для конкретных

условий обработки позволяет определить время обработки от заданной до исходной шероховатости поверхности по зависимости:

$$t = -\frac{1}{k_{\text{и}}} \ln \left(\frac{R_{\text{а}}^{\text{зад}} - R_{\text{а уст}}}{R_{\text{а}}^{\text{исх}} - R_{\text{а уст}}} \right) \quad (2)$$

Методика расчета коэффициента $k_{\text{и}}$ представлена в работе /1/.

Величина $k_{\text{и}}$ как можно заметить из выражения (1) зависит от соотношений $R_{\text{а}}^{\text{зад}}/R_{\text{а уст}}$ и $R_{\text{а}}^{\text{исх}}/R_{\text{а уст}}$.

Меняя указанные соотношения в соответствии с расчетами /1/ можно получить различные значения $k_{\text{и}}$ для одних и тех же режимов обработки и характеристик рабочих сред. Чтобы исключить различные толкования коэффициента интенсивности обработки необходима четкая методика его расчета.

Для однозначного определения величины $k_{\text{и}}$, учитывая свойства натуральных логарифмов, сделаем следующие допущения:

- 1) величина $k_{\text{и}}$ определяется при $R_{\text{а}}^{\text{зад}} = 1,2 R_{\text{а уст}}$;
- 2) величина $k_{\text{и}}$ определяется при $R_{\text{а}}^{\text{исх}} = R_{\text{а}}^{\text{исх ус}}$, где $R_{\text{а}}^{\text{исх ус}}$ - среднее арифметическое отклонение условной исходной шероховатости, характеризующей технологические возможности определенного сочетания режимов обработки, зернистости абразивной среды, материала детали;
- 3) при этом время достижения $R_{\text{а}}^{\text{зад}}$ близко к времени достижения $R_{\text{а уст}}$.

На основании предварительных исследований установлено, что величина $R_{\text{а}}^{\text{исх ус}}$ должна быть значительно больше, чем $R_{\text{а}}^{\text{исх}}$. Это позволяет учитывать начальный участок экспоненты, что более точно отражает технологические возможности обработки свободными абразивами.

При проведении дальнейших расчетов принято $R_{\text{а}}^{\text{исх ус}} = (8 \div 12) R_{\text{а уст}}$ в зависимости от технологических параметров обработки.

Учитывая микротопографию поверхности в зависимость для определения съема металла был введен объемный коэффициент профиля $k_{\text{пр}}^0$, позволяющий на основе моделирования выступов шероховатости, в частности конусами, более точно оценить объем удаляемого металла и получаемую при обработке шероховатость.

Для более точной оценки высоты неровностей профиля шероховатости поверхности, на основании анализа микротопографических моделей шероховатости, в расчетах примем среднюю высоту неровностей профиля $2 R_{\text{а}}^{\text{исх ус}}$, т.к. применяемое ранее для этого значение $R_z^{\text{исх}}/1$, завышает величину коэффициента интенсивности.

С учетом вышеизложенного зависимость для определения $k_{\text{и}}$ будет иметь вид:

$$k_{\text{и}} = \frac{P_1 P_2 f V}{8 k_{\text{пр}}^0 R_{\text{а}}^{\text{исх ус}} R^2} \ln \left(\frac{R_{\text{а}}^{\text{зад}} - R_{\text{а уст}}}{R_{\text{а}}^{\text{исх ус}} - R_{\text{а уст}}} \right), \quad (3)$$

где P_1 - геометрическая вероятность события, заключающегося в том, что любая точка квадрата упаковки покрывается пятном контакта за один цикл воздействия абразивных частиц;

P_2 - вероятность события заключающегося в том, что взаимодействие приведет к микрорезанию;

f_v - частота циклов воздействия массы абразивных частиц на поверхность детали;

V - объем металла, удаляемого за один удар абразивной гранулы;

R - характерный размер абразивной гранулы.

Учитывая принятые допущения

$$k_{и} = \frac{P_1 P_2 f V}{8 k_{пр} R_a^{0,25} R_a^{0,75} R_a^{0,25} R_a^{0,75} R_a^{0,25} R_a^{0,75}} \ln \left(\frac{0,2 R_{a \text{ уст}}}{R_a - R_{a \text{ уст}}} \right) \quad (4)$$

Таким образом, пользуясь зависимостью (4) рассчитывается коэффициент интенсивности однозначно определяемый режимами обработки, зернистостью абразива и материалом обрабатываемой детали.

Полученные зависимости позволяют проектировать многоступенчатые технологические процессы обработки свободными абразивами и определять оптимальное время обработки на каждой ступени.

На основании результатов теоретических расчетов сформирован банк данных $k_{и}$ по методам обработки свободными абразивами (ВиО, ТАО, ЦРО, САО), который используется в САПР ТП многоступенчатой обработки.

Для проверки теоретических зависимостей и пополнения банка значений коэффициентов интенсивности были проведены экспериментальные исследования влияния режимов обработки и зернистости абразивной среды на качество обработанной поверхности. Эксперименты проводились на различных материалах образцов в нескольких абразивных средах. Расчет значений коэффициентов интенсивности проводился по специальной программе. Аппроксимация функции $R_a(t)$ осуществлялась по методу Чебышева и наименьших квадратов. Результаты сравнения значений коэффициентов интенсивности при аппроксимации и рассчитанных по теоретическим зависимостям представлены в таблице 1.

Таблица 1 Определение коэффициента интенсивности

Метод обработки и	Режимы обработки	Характеристика абразива	Материал детали	$k_{и}$ расчетный	$k_{и}$ полученный аппроксимацией функции
ВиО	$\omega=26,7$ Гц	$N_3=40$	Сталь 45	0,683	0,599
	$A=2,5$ мм	$N_3=40$	силумин АЛ2-Д	1,12	1,099
		$N_3=40$	латунь ЛС59-1	1,34	1,184
ВиО	$\omega=26,7$ Гц	$N_3=16$	Сталь 45	0,462	0,453
	$A=2,5$ мм	$N_3=16$	силумин АЛ2-Д	0,985	1,008
		$N_3=16$	латунь ЛС59-1	1,12	1,013

Анализ результатов проведенных исследований показал:

1. Предложенные теоретические зависимости позволяют достаточно точно в пределах (20%) рассчитать величину коэффициента интенсивности при обработке свободными абразивами.

2. Предложенная методика расчета шероховатости поверхности может быть использована при автоматизации технологического проектирования.

Список литературы: 1. Тамаркин М.А. Технологические основы оптимизации процессов обработки деталей свободными абразивами. Дис. ... докт.тех.наук: 05.02.08 - Ростов-н/Д, 1995. - 298 с.

LES PARTICULARITÉS DES ENDOMMAGEMENTS DES REVÊTEMENTS D'OUTIL

Sydorova Hélène, Tymofeyeva Taïssiya (*Université nationale technique de Donetsk, Donetsk, Ukraine*)

Dans l'article on a fait l'analyse des endommagements des revêtements d'outil : on a déterminé les types et la nature des endommagements, les modes du contrôle dans le but de prévoir les problèmes éventuelles lors de l'exploitation des outils revêtus.

À partir de 1969 apparaît un nouveau type de matériau de coupe : le carbure revêtu constitué par une plaquette en carbure métallique recouvert par un film mince (3 à 10 nm) d'un matériau plus dur. [1]

Les fonctions préalablement attribuées à un revêtement doivent en définitif se traduire par des objectifs opérationnels, en lien avec des propriétés physiques quantifiables et/ou qualifiables. Ainsi, il est possible de demander au système substrat + revêtement de répondre au cahier des charges suivant :

- ✓ une ténacité élevée ;
- ✓ une parfaite adhésion sur le substrat ;
- ✓ une grande résistance à la formation et à la progression des fissures ;
- ✓ une dureté élevée ;
- ✓ une inertie chimique élevée ;
- ✓ une faible conductivité et diffusivité thermique ;
- ✓ une haute résistance à l'oxydation ;
- ✓ une épaisseur adéquate ;
- ✓ une fonction barrière de diffusion. [2]

Dans le but d'éviter ou minimiser les endommagements des revêtements d'outil il faut faire l'analyse : déterminer les types et la nature des endommagements, les modes du contrôle.

Usure. D'un point de vue purement qualitatif, l'usure des différents revêtements peut être décrite par deux phases. Dans les premières minutes de l'essai, indépendamment du revêtement, l'usure consiste, comme le montre la figure 1. en un "polissage" de la surface du revêtement (usure douce).

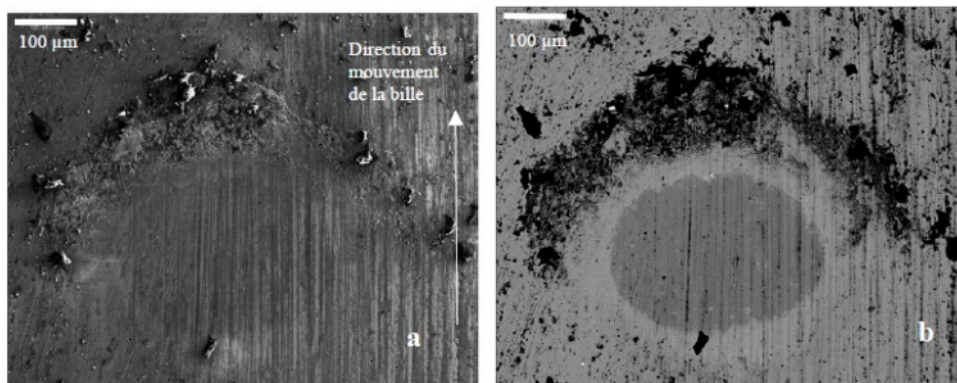


Figure 1. Images d'une trace d'usure d'un échantillon multicouche TiN/CrN de 40 nm de période après 10 minutes de frottement. Image en mode électrons secondaires (a) et électrons rétrodiffusés (b) [3]

Les débris d'usure s'accumulent à l'avant du contact entre le plan et la bille. Ces derniers apparaissent en noir sur la micrographie réalisée en électrons rétrodiffusés et sont

donc composés d'éléments ayant une masse atomique moyenne plus faible que le revêtement, probablement des oxydes. Lorsque le frottement se poursuit et après un temps variable. Certains revêtements s'écaillent (fig. 2). La sensibilité à l'écaillage des différents revêtements s'avère un critère important.

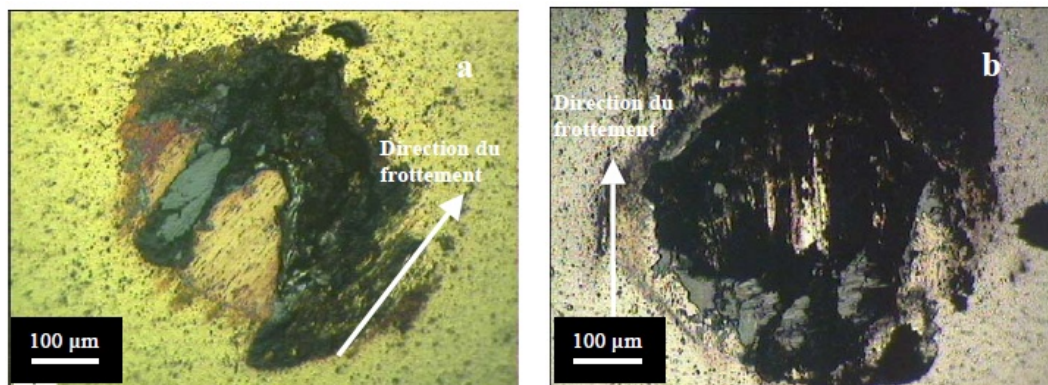


Figure 2. Micrographies optiques des traces d'usure observées sur TiN (a) et CrN (b) après 30 minutes de frottement à 13 cm/s sous une charge normale de 17,5 N. Mise en évidence d'une délamination [3]

Fissuration. Le modèle de fissuration pour un revêtement monocouche et un revêtement multicouche est présenté sur la figure 3.

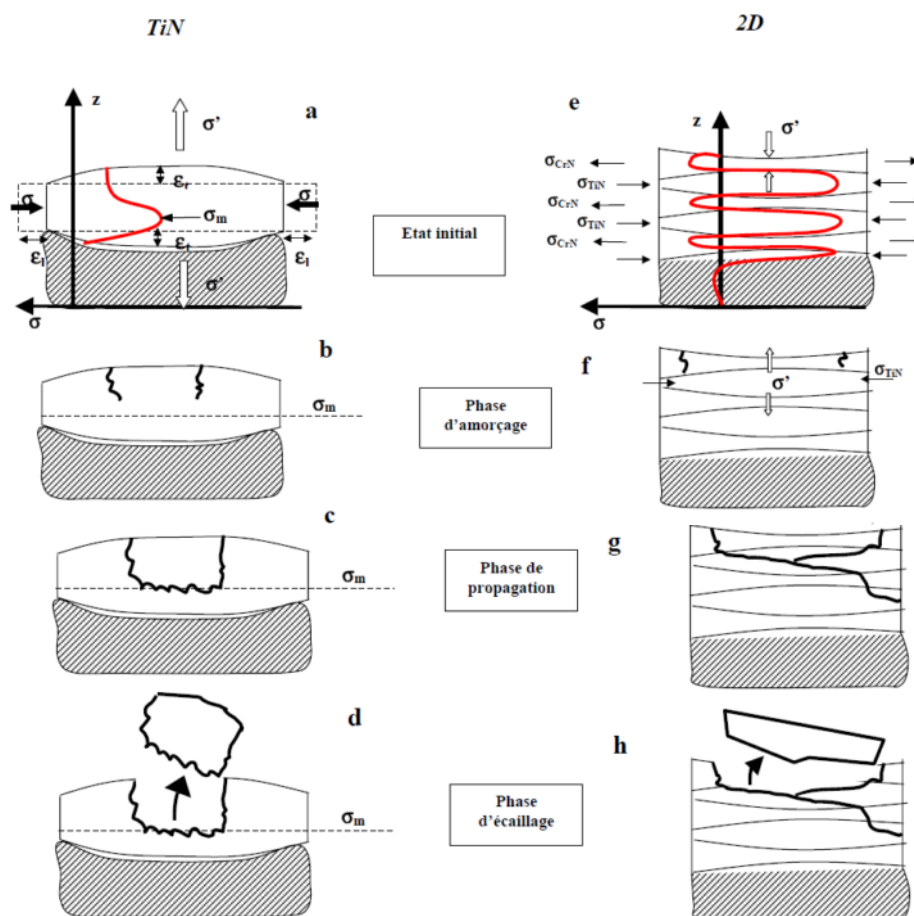


Figure 3. Modèle de fissuration pour un revêtement monocouche (a-d) et un revêtement multicouche [3]

Toute méthode d'analyse des revêtements d'outils nécessite l'action d'une sonde (un rayonnement électromagnétique, un faisceau de particules énergétiques, un champ, un pénétrateur mécanique ...) sur un échantillon. Le résultat de l'interaction entre cette sonde et la matière de l'échantillon peut être un autre rayonnement, des particules, la variation du champ, captés par une chaîne de mesure ou encore une loi de comportement. La figure 4 illustre schématiquement les différents phénomènes qui interviennent lors de l'interaction d'un rayonnement (absorption, transmission, réflexion, diffusion, émission, réponse mécanique ...) et les divers modes de mesure (comptage, discrimination en énergie ou en longueur d'onde..).

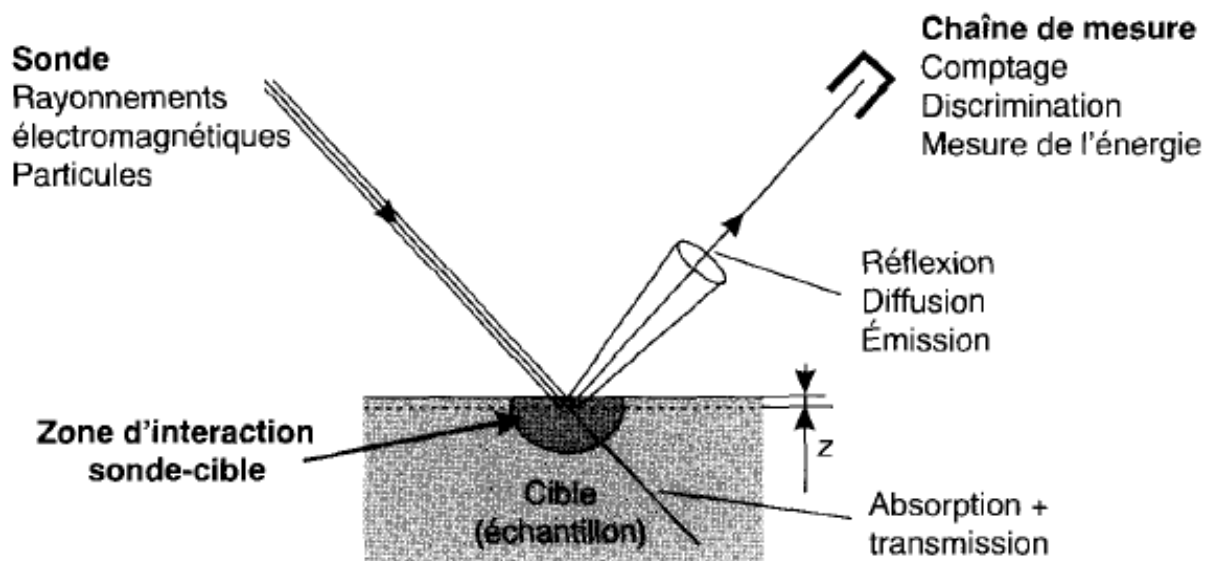


Figure 4. Analyses de surface à l'aide de rayonnements [4]

Corrosion. Un des inconvénients des revêtements d'outil vis à vis de la corrosion est leur structure le plus souvent colonnaire qui entraîne la présence de nombreux pores débouchants. Afin d'en minimiser le nombre, il est indispensable que le substrat soit peu rugueux car la densité de pores augmente avec la rugosité initiale du substrat. Ces pores s'accompagnent, en général, d'un comportement électrochimique déplorable. [3]

Adhérence des revêtements sur le substrat. On s'intéresse également à l'adhérence des revêtements sur le substrat :

- adhesion : propriété « fondamentale » liée aux liaisons atomiques et plus particulièrement à l'énergie superficielle ;
- adherence : propriété « pratique » tenant compte des comportements mécaniques du revêtement et du substrat ainsi que des conditions de sollicitation du revêtement.

Une rupture cohésive se produit dans le revêtement ou dans le substrat, une rupture adhésive se produit à l'interface.

Pour caractériser l'adhérence d'un revêtement on peut effectuer des tests de :

- ✓ rayure ;
- ✓ arrachement ;
- ✓ indentation interfaciale ;
- ✓ indentation normale.

L'indentation interfaciale consiste à appliquer un pénétrateur Vickers de manière à

provoquer une fissure semi-circulaire à l'interface (fig. 5). Elle s'applique à des couches assez épaisses (quelques dizaines de μm).

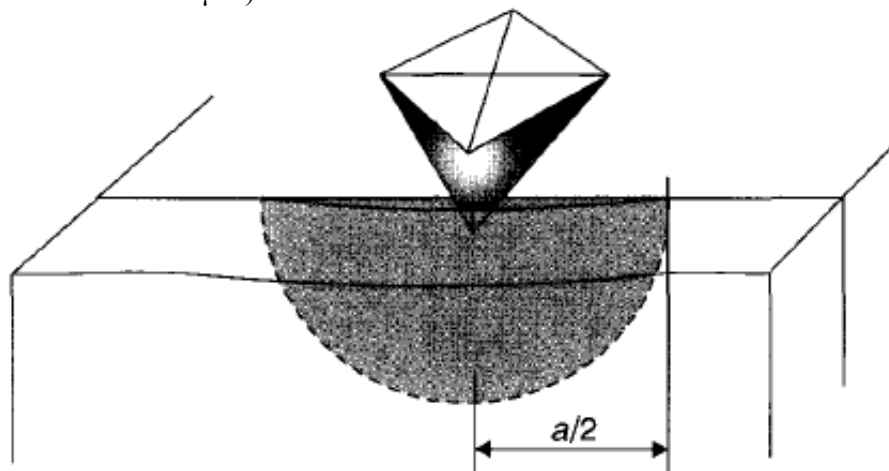


Figure 5. Indentation interfaciale

Cette technique adaptée aux revêtements céramiques et, d'une manière générale, aux revêtements plasma, a été modélisée par Choulier à partir de la mécanique linéaire de la rupture). Indépendamment des difficultés inhérentes à ce type d'expérimentation, le résultat est influencé par l'épaisseur du revêtement et/ou la présence de contraintes résiduelles dans le revêtement. On peut toutefois obtenir, sous certaines conditions, des caractéristiques intrinsèques représentatives de l'adhérence revêtement /substrat. [4]

Conclusion. Les particularités des endommagements des revêtements d'outils sont : l'usure spécifique, la fissuration, la corrosion et l'adhérence des revêtements sur le substrat. Pour observer ces endommagements on utilise les méthodes de l'analyse de surface à l'aide de rayonnements, des tests de rayure, arrachement, indentation interfaciale et indentation normale. Le contrôle des endommagements d'outil permet de prévenir les problèmes éventuels avec les outils revêtus.

Bibliographie : 1. Bagur, A. Matériaux pour outils de coupe. *Techniques de l'ingénieur : les bases documentaires techniques et scientifiques* [он-лайн], июль 2006 [просмотрено 5 мая 2009]. Доступно в Web <<http://www.techniques-ingenieur.fr/book/bm7080/materiaux-pour-outils-de-coupe.html>>. 2. Rech J. Contribution à la compréhension des modes d'actions tribologiques et thermiques des revêtements en usinage. Thèse présentée pour obtenir le grade de docteur : procédés de fabrication. – Paris, 2002. – 275 p. 3. Mendibide C. Caractérisation de revêtements PVD nanostructures à base de nitrures de métaux de transition pour application mécanique. Thèse présentée pour obtenir le grade de docteur : génie des matériaux mécanique. – Lyon, 2003. – 179 p. 4. Cornet A., J.-P. Deville. Physique et ingénierie des surfaces. – Les Ulis : EDP Sciences, 1998. – 351 c.