УДК 621.793

ОСОБЕННОСТИ УПРОЧНЕНИЯ МНОГОЛЕЗВИЙНОГО ИНСТРУМЕНТА ТВЕРДЫМИ ПОКРЫТИЯМИ

© 2014 А.Р. Галлямов, С.Г. Емельянов, Ю.Н. Губарева, М.Д. Карлова, И.Д. Ибатуллин

Самарский государственный технический университет

Поступила в редакцию 26.03.2014

Приведена система критериев, представляющих собой научную базу для расчета рациональных конструктивных характеристик напильников с твердыми покрытиями, включая параметры покрытий, геометрию зубьев и свойства материала основы. Показаны преимущества, достигаемые при упрочнении многолезвийного инструмента твердыми покрытиями.

Ключевые слова: адгезия, твердое покрытие, инструмент, стружка

Одним из ставших традиционным путей повышения эксплуатационных характеристик металлообрабатывающего инструмента является нанесение на режущие кромки различных износостойких покрытий. При этом обычно не учитывается то, что достигаемый эффект зависит от того, насколько совместимы геометрические и физико-механические свойства рабочей поверхности инструмента и покрытия. Особенно это касается многолезвийного инструмента (напильников, надфилей), для которых технологии изготовления на протяжении длительного времени существенно не менялись, в то время как проблемы, связанные с их изготовлением и использованием только усугубляются. Необходимость применения дорогостоящих сталей (У13, У13А, Х13, У12, У12А, ШХ-15) и энергоемких технологий формирования зубьев (фрезеровка, протяжка, насечка, накатка, шлифовка) и упрочнения (закалка без отпуска) приводят к росту стоимости инструмента. В настоящее время на рынке все чаще можно встретить продукцию, не удовлетворяющую не только растущим требованиям к качеству, но даже старым стандартам. Нерешенными в научном и техническом планах являются и проблемы, связанные с засаливанием рабочей поверхности, сколом и притуплением режущих кромок.

Галлямов Альберт Рафисович, кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры «Технология машиностроения». Е-mail: gallyamov.albert@bk.ru Емельянов Сергей Геннадьевич, инженер лаборатории наноструктурированных покрытий Губарева Юлия Николаевна, аспирантка Карлова Мария Дмитриевна, аспирантка Ибатуллин Ильдар Дугласович, доктор технических наук, профессор кафедры «Технология машиностроениия». Е-mail: tribo@rambler.ru

Критерии выбора характеристик твердых покрытий для изготовления инструмента для опиливания поверхностей.

Условие работоспособности. Из ГОСТ 1513-77 и ГОСТ 1465-80 известно, что работоспособность напильников и надфилей оценивают по их способности оставлять царапины на закаленном образце стали У13 твердостью 52-54 HRC. Для этого твердость покрытия должна отвечать условию (1), известному из теории абразивного изнашивания, и составлять свыше 950 кгс/мм².

$$\frac{HV_{\text{ofp}}}{HV_{\text{n}}} < 0.6 \tag{1}$$

 $HV_{oбp}$ — твердость тестового образца, HRC=54 (HV=580 кгс/мм²), HV_{Π} — твердость покрытия.

Этому условию удовлетворяют практически все твердые покрытия, начиная от хромалмазных до твердосплавных и керамических, включая карбидвольфрамовые детонационные покрытия ($HV_{\rm n}$ =1000-1500 кгс/мм²); корундовые детонационные покрытия ($HV_{\rm n}$ =1100-1800 кгс/мм²); хром-алмазные электрохимические покрытия ($HV_{\rm n}$ =950-1200 кгс/мм²); нитридтитановые ионно-плазменные покрытия ($HV_{\rm n}$ =1500-1800 кгс/мм²). Данный критерий является обязательным, хотя и не достаточным, поскольку царапание поверхности не всегда сопровождается отделением стружки (микрорезанием).

Условие адгезионной прочности покрытия. Спецификой создания инструмента с твердыми покрытиями является необходимость учета соотношения адгезионной прочности на отрыв и на срез. Сила резания $F_{\rm pes}$, приходящаяся на один зуб должна раскладываться на нормальную и тангенциальную составляющие таким образом, чтобы они имели значения такое

же соотношение, как соответственно отрывная $\sigma_{\text{отр}}$ и сдвиговая $\sigma_{\text{сдв}}$ прочности сцепления покрытия с основой. Таким образом, удастся наиболее полно реализовать запас прочности сцепления покрытия, обеспечиваемый силами адгезии

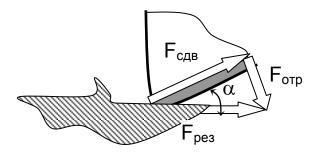


Рис. 1. Разложение силы резания на сдвигающее и отрывное усилия, действующие на покрытие

Данное условие реализуется за счет выбора рациональной величины заднего угла зубьев α , обеспечивающего максимальную стойкость покрытия при резании и рассчитываемого по формуле:

$$\alpha = arctg \left(\frac{\sigma_{\text{orp}}}{\sigma_{\text{cdB}}} \right). \tag{2}$$

Условие микрорезания. Учитывая малую толщину срезаемого каждым зубом слоя, не превышающую нескольких десятков микрометров и несовершенство профиля зубьев можно говорить о соизмеримости величин радиуса скругления режущей кромки и глубины резания. Это позволяет использовать условия микрорезания, предложенные И.В. Крагельским, найденные им для задачи пропахивания сферическим выступом пластически деформируемого полупространства:

$$\frac{h}{r} > 0.1$$
 (сухое трение); $\frac{h}{r} > 0.2...0.5$ (трение со смазкой),

где h — глубина внедрения выступа, r — радиус скругления вершины зуба.

Примем следующие допущения: 1) для напильников с точечной насечкой используем модель пластического внедрения сферического выступа N_3 =6 $\pi r h \sigma_{\rm T}$, где N_3 — нормальная нагрузка, приходящаяся на один зуб, H; σ_m — предел текучести обрабатываемого материала, Па; Толщина покрытия приравнивается толщине режущего слоя $H_{\rm H}$ =2r (см. рис. 2), т.е. роль режущей кромки зуба играет «лезвие», образованное слоем покрытия.

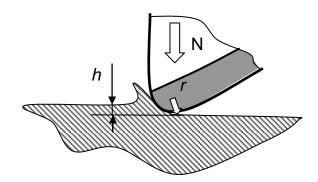


Рис. 2. Скругление кромки покрытия в зоне резания

С учетом вышесказанного рациональная толщина твердого покрытия не должна превышать значения

$$H_{_{\rm II}} < \sqrt{\frac{6,67N}{n\pi\sigma_{_{\rm T}}}} \tag{M}, \tag{3}$$

где N — нормальная нагрузка, приложенная к напильнику, H; n - число одновременно «работающих» зубьев.

Анализ формулы (3) показывает, что для большинства обрабатываемых материалов расчетная толщина покрытий не должна превышать единиц и десятков микрометров.

Условие отсутствия схватывания стружкой. Проблема засаливания напильников требует учета антифрикционных и антизадирных свойств материалов покрытия. Высокий коэффициент сухого трения и сродство закаленой стали традиционно изготавливаемых напильников к большинству обрабатываемых материалов делает практически неизбежным налипание стружки. В то же время большинство твердых покрытий позволят решить эту проблему за счет кратного снижения коэффициента трения и увеличения критической нагрузки схватывания. Для предотвращения самозаклинивания стружки в пространстве между зубьями необходимо, чтобы передняя и задняя поверхности зубьев сходились под углом, не менее 2 $arctg f_{\text{покр-мет}}$, где $f_{\text{покр-мет}}$ – коэффициент трения покоя в контакте «покрытие - обрабатываемый материал».

Учитывая геометрию рабочей поверхности напильника (рис. 3) можно привести следующую совокупность условий

$$\begin{cases} P_{pe3} < P_{\text{kp}_{nokp-mem}}; \\ f_{\text{покp-мet}} \to \min; \\ -\gamma \le 90 - \alpha - 2 \operatorname{arctgf}_{\text{пokp-met}}. \end{cases}$$
(4)

где P_{pes} — нагрузка, оказываемое давлением стружки на переднюю поверхность зуба;

 $P_{\kappa p_{no\kappa p-меm}}$ - критическая нагрузка, при которой разрушается оксидный слой на поверхности зуба и начинается схватывание на фактических

пятнах касания; γ — передний угол (для напильников обычно выбирается отрицательным); α - задний угол, выбираемый из условия 2.

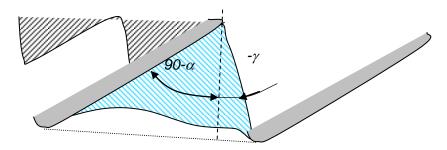


Рис. 3. Заклинивание стружки между зубьями

Условие самозатачивания зубьев. Последнее условие касается обеспечения эффекта самозатачивания зубьев напильника. При этом уменьшение угла резания происходит за счет относительно более быстрого изнашивания передней поверхности зубьев

$$\gamma_{no\kappa p} < \gamma_{och} < \gamma_{MET};$$
(5)

где $\gamma_{nокp}$, γ_{och} , $\gamma_{мem}$ — скорости изнашивания покрытия, основы и обрабатываемого материала соответственно.

Это условие обеспечивается при нанесении твердых покрытий на заднюю поверхность зубьев, сформированных из более пластичного материала основы (рис. 4).

Выводы: геометрические и физико-механические характеристики режущего инструмента и защитных покрытий взаимно зависят друг от друга и требуют предварительного анализа. Для этого можно использовать предложенную совокупность критериев для выбора рациональных параметров многолезвийного инструмента с износостойкими покрытиями.

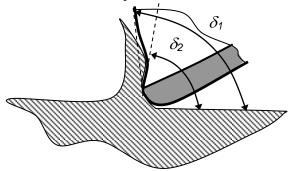


Рис. 4. Иллюстрация эффекта самозатачивания зубьев напильника

FEATURES OF HARDENING THE MULTI-EDGED TOOL BY HARD COATINGS

© 2014 A.R. Gallyamov, S.G. Emelyanov, Yu.N. Gubareva, M.D. Karlova, I.D. Ibatullin

Samara State Technical University

The criteria system representing scientific base for calculation the rational constructive characteristics of files with hard coatings, including parameters of coatings, geometry of tooth and property of basis material is given. The advantages reached at hardening the multi-edged tool by hard coatings are shown.

Key words: adhesion, hard coating, tool, shaving

Albert Gallyamov, Candidate of Technical Sciences, Senior Lecturer at the Department "Technology of Mechanical Engineering" E-mail: gallyamov.albert@bk.ru
Sergey Emelyanov, Engineer at the Laboratory of
Nanostructural Coatings
Yuliya Gubareva, Post-graduate Student
Maria Karlova, Post-graduate Student
Ildar Ibatullin, Doctor of Technical Sciences, Professor at the Department "Technology of Mechanical Engineering".
E-mail: tribo@rambler.ru