

$$T_3 = \frac{(1-m)t_{cm}(1+A_o)}{m(1+A_3)}, \quad (8)$$

где  $t_{cm}$  – время смены и регулирования инструмента на размер, мин. Для станков с ЧПУ и многоцелевых – паспортная величина;

$A_o$  – доля текущих затрат на содержание и эксплуатацию оборудования в постоянной части общих приведенных затрат машиностроительной фирмы;

$A_3$  – доля текущих затрат на электроэнергию в постоянной части общих приведенных затрат.

Применение выражений (12) и (13) совместно с условиями таблицы позволяет не только определять момент замены режущих инструментов, но и оптимизировать процесс резания по минимуму приведенных затрат в условиях ступенчато переменных режимах резания. В заключение отметим, что для современных систем ЧПУ не представляет большого труда ввести текущий пассивный контроль срока службы режущих инструментов с целью выдачи сигнала на смену затупившегося лезвия в соответствии с предложенной методикой.

Литература.

1. Тимирязев В.А., Костенко А.А., Макаренко А.П. Определение момента замены режущего инструмента на многоцелевых станках. // Технология машиностроения. – 2011, №2. – С.23-25.
2. Справочник технолога-машиностроителя. Т. 2 / Под ред. А.Г.Косиловой и Р.К.Мещерякова. – М.: Машиностроение, 1985. – 496 с.
3. Петрушин С.И. Экономически обоснованный срок службы режущих инструментов. // Вестник машиностроения. – 2007, №4. – С.40-46.

### РАСЧЁТ РЕЖИМОВ РЕЗАНИЯ ДЛЯ ИНСТРУМЕНТОВ С ИЗНОСОСТОЙКИМИ ПОКРЫТИЯМИ

*Ш.С. Нозирзода, студент группы 10А41,  
научный руководитель: Петрушин С.И.*

*Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского  
Томского политехнического университета  
652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26*

Износостойкие покрытия, наносимые на поверхности инструментальных и конструкционных материалов, широко применяются в машиностроении с целью повышения долговечности трущегося поверхностного слоя при одновременном сохранении прочностных характеристик изделия. Так, например, ведущие инструментальные фирмы [1] наносят на поверхность режущих лезвий из быстрорежущих сталей и твердых сплавов различные комбинации из тонких слоев карбидов и нитридов тугоплавких материалов и окиси алюминия (TiC, TiN, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> и др.). При этом общая толщина покрытия не превышает 10 – 20 мкм. В случае превышения данной величины покрытие становится хрупким и может отслоиться как при воздействии рабочих нагрузок, так и в процессе нанесения слоев [2,3]. Подобное явление может возникать также при наплавке, напылении, хромировании, никелировании и ряде других процессов, где имеется четкая граница между слоями (отсутствует значительная диффузионная зона). При отслаивании появляются межслойные трещины на границе раздела покрытия и основного материала (подложки). Изделие с покрытой поверхностью представляет собой двухслойный композиционный материал (КМ), в котором верхний слой имеет сравнительно малую величину по сравнению с подложкой. Прочность многослойных композиционных материалов определяется не только пределами прочности материалов слоев, но и межслойной прочностью [4-6]

Исследовательский и производственный опыт эксплуатации режущих инструментов, оснащённых твердосплавными сменными многогранными пластинами с износостойкими покрытиями, показывает значительное повышение скорости резания по сравнению с инструментами без покрытия. При этом становится актуальным вопрос назначения экономически обоснованных режимов эксплуатации этого сравнительно нового вида металлорежущих инструментов. Проблема обусловлена, с одной стороны, устаревшей нормативно-справочной базой, а с другой – невысокой конкретностью существующих рекомендаций по назначению режимов резания в каталогах ведущих инструментальных фирм.

С целью решения поставленной задачи, предлагается объединить указанные рекомендации и традиционную методику назначения режима резания путём введения в известную формулу Тейлора [1,7] дополнительного поправочного коэффициента на тип износостойкого покрытия. Тогда, например, при наружном продольном точении получим следующее выражение для расчёта скорости резания:

$$V = \frac{C_V}{T_{\text{э}}^m t^x S^y} K_V K_{II},$$

где  $T_{\text{э}}$  – экономическая стойкость проходного резца [2], мин;

$t$  и  $S$  – глубина резания в мм и подача в мм/об;

$C_V, m, x, y$  – постоянная и степени влияния факторов на значение скорости резания, соответствующие базовому сочетанию условий обработки;

$K_V = K_m K_u K_n$  – общий поправочный коэффициент, учитывающий изменение марки обрабатываемого и инструментального материалов, а также состояние поверхностного слоя заготовки;

$K_{II}$  – поправочный коэффициент на вид и марку износостойкого покрытия режущей части инструмента.

В качестве примера в таблице приведены средние значения коэффициента  $K_{II}$ , рассчитанные для условий обтачивания углеродистой стали с содержанием углерода 0,45% и серого чугуна с твёрдостью 190 HB.

Таблица

Поправочные коэффициенты на износостойкие покрытия твердосплавных резцов.

Фирма	Марка покрытия по каталогу	Состав покрытия	Область применения	Среднее значение $K_{II}$
SECO	TP0500	Ti(C,N)+Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Черновая и получистовая обработка сталей	2,7
	TP2500	- « -	Универсальная для нержавеющей сталей и СЧ	2,0
	TK2001	- « -	Черновая обработка СЧ и КЧ	2,9
Sandvik Coromant	GC4225	TiN+TiC	Черновая и чистовая обработка сталей	1,5
	GC4005	- « -	Получистовая и черновая обработка сталей	1,8
	GC4015	- « -	Получистовая и чистовая обработка сталей	1,65
	GC3215	- « -	Черновая обработка СЧ	1,5
	GC3205	- « -	Высокоскоростная обработка СЧ	2,65
Kennametal-Hertel	KC9110	TiCN+Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +TiN	Получистовая обработка стали	1,4
	KC9315	TiN+TiCN+Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +TiN	Получистовая обработка СЧ	1,35

Расчёт производился по данным справочника [1] и каталогов трёх фирм: SECO, Sandvik Coromant и Kennametal- Hertel. При этом средняя экономическая стойкость резцов ( $\varphi = 90^\circ$  и  $\varphi = 45^\circ$ ) принята равной 15 минут [7]. Все покрытия на твёрдый сплав нанесены методом *CVD*.

Анализ результатов проведенных расчётов показывает существенный разброс в значениях поправочного коэффициента на износостойкое покрытие как внутри каждой фирмы-производителя, так и между ними. Возможно, это связано с разной рекламной политикой. Поэтому для использования этих данных на производстве необходимо проводить ускоренные стойкостные испытания, уточняющие значения коэффициента  $K_{II}$  и создавать собственную нормативную базу [8.9].

Выводы

1. При проектировании изделий с износостойкими покрытиями необходимо учитывать вероятность появления отслаивания покрытия, причиной которого являются термические остаточные напряжения, возникающие между покрытием и подложкой при технологическом нагреве при нанесении покрытия и последующим охлаждением полученного композита.
2. Для покрытий, имеющих четкую границу раздела с изделием, термические остаточные напряжения зависят от физико-механических характеристик материалов покрытия и подложки (коэффициент линейного расширения, модуль упругости, коэффициент Пуассона, пределов прочности), температуры нагрева изделия при синтезе покрытия и соотношения толщин материалов.
3. Полученные условия отсутствия трещин позволяют на стадии проектирования композиционных материалов с покрытием согласовать толщину покрытия и технологию его нанесения.
4. Решена задача расчета трещиностойкости слоистых композиционных материалов при нагружении их тепловыми и силовыми рабочими нагрузками, решение которой зависит от вида нагружения изделия с покрытием (растяжение, сжатие, изгиб и т.п.).

Литература.

1. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т.2 / Под ред. А.М.Дальского и др. – М.: Машиностроение-1, 2001. – 944 с.
2. Тялина Л.Н., Новые композиционные материалы: учебное пособие / Л.Н. Тялина, А.М. Минаев, В.А. Пручкин. – Тамбов: Изд-во ГОУ ВПО ТГТУ, 2011. – 80с.
3. В.М. Бузник, Металлополимерные композиты (получение, свойства, применение)/ В.М. Бузник, В.М. Фомин, А.П. Алхимов и др.– Новосибирск: изд-во СО РАН, 2005. – 260 с.
4. Верещака А. С. Работоспособность режущего инструмента с износостойкими покрытиями. - М.: Машиностроение, 1993. – 336 с.
5. Петрушин С. И., Сапрыкин А. А., Дуреев В. В. Проектирование и производство изделий из инструментальных композиционных материалов. – Томск: Изд-во ТПУ, 2014. – 205 с.
6. Petrushin S. I. Calculation of residual stresses in multilayer composite materials. // Applied Mechanics and Materials. vol. 379 (2013). pp. 95-100.
7. Машиностроение. Энциклопедический справочник. Т. 1, Кн. 2. Инженерные расчеты в машиностроении. – М.: Машгиз, 1948. – 457 с.
8. Баженов С. Л., Берлин А. А., Кульков А. А., Ошмян В. Г. Полимерные композиционные материалы. – Долгопрудный: Издательский Дом «Интеллект», 2010. – 352 с.
9. Петрушин С.И. Экономически обоснованный срок службы режущих инструментов. // Вестник машиностроения. – 2007, №4. – С. 40 – 46.

**ВЛИЯНИЕ ЗАЩИТНОГО ГАЗА И МЕХАНОАКТИВАЦИИ  
МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПОРОШКОВ НА ТОЛЩИНУ И ШЕРОХОВАТОСТЬ  
СПЕЧЕННОГО ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ**

*Д.А. Архипова, студент гр.10А31,*

*научный руководитель: Сапрыкина Н.А.*

*Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского*

*Томского политехнического университета*

*652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26*

В настоящее время динамично развивающимся направлением развития современной промышленности являются технологии послойного синтеза. Отдельным направлением является послойное лазерное спекание (сплавнение) металлопорошковых композиций на основе 3D CAD-модели, позволяющее изготавливать функциональные изделия. Так как в основе послойного синтеза функционального изделия лежит формообразование единичного слоя одной из проблем обеспечения качества поверхностного слоя является наличие напряжений в спеченном единичном слое, которые препятствуют равномерному нанесению следующего слоя порошкового материала и искажают форму изделия.

Для того чтобы изделие полученное методом послойного лазерного спекания выполняло функциональное назначение, оно должно обладать необходимым качеством. Основными показателями качества спеченного изделия являются точность, состояние поверхностного слоя, физико-