

Мокрицкий Б.Я.

К ВОПРОСУ О ВЫБОРЕ ЭФФЕКТИВНОГО МЕТОДА УПРОЧНЕНИЯ ЛЕЗВИЙНОГО МЕТАЛЛОРЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА

Мокрицкий Б.Я.

B.J. Mokritskiy

К ВОПРОСУ О ВЫБОРЕ ЭФФЕКТИВНОГО МЕТОДА УПРОЧНЕНИЯ ЛЕЗВИЙНОГО МЕТАЛЛОРЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА

ON THE ISSUE OF THE CHOICE OF AN EFFICIENT METHOD FOR HARDENING OF METAL-CUTTING EDGE TOOLS



Мокрицкий Борис Яковлевич – кандидат технических наук, старший научный сотрудник Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета (г. Комсомольск-на-Амуре). E-mail: boris@initkms.ru.

Mr. Boris Y. Mokritskiy – PhD in Engineering, Senior Researcher, Komsomolsk-on-Amur State Technical University (Komsomolsk-on-Amur), Email: boris@initkms.ru

Аннотация: Приведены сведения о новых методах упрочнения инструмента для трудно-обрабатываемых материалов.

Summary: The paper presents data on new methods for hardening of cutting tools for tough material machining.

Ключевые слова: упрочнение, покрытия инструмента.

Keywords: hardening, tool coating.

УДК 621.9.02

Введение

Для машиностроительной отрасли на рынке имеется широкий выбор лезвийного инструмента для высокопроизводительной обработки. Активно ведут себя зарубежные фирмы, в том числе японские, корейские, китайские. В оборот вводятся новые технические термины и торговые марки инструментальных материалов. Каждая фирма аргументирует преимущества конструкции и способа изготовления её инструмента. В этом многообразии продукции и информации отечественному потребителю сложно ориентироваться. Правильный выбор инструмента затруднён также эпизодическими публикациями о якобы достигнутых сверхэффектах за счёт применения наноструктурированных материалов или применения новых покрытий.

Ниже предпринята попытка систематизировать сведения хотя бы на примере твёрдосплавного инструмента.

Состояние вопроса

Следует понимать, что основные марки твёрдосплавного инструмента разработаны и подробно исследованы ещё до половины прошлого века. Материаловедческие возможности триады «состав – структура – свойства» во многом исчерпаны. Отдельные тенденции управления структурой и составом развиваются, но это даёт локальные результаты. Парадигма «состав – структура – технология изготовления – свойства» наиболее заметный успех обеспечила при применении покрытий на металлорежущем инструменте. И конструкция, и состав покрытия, и метод осаждения покрытия играют значимую роль. Их многообразие кажущееся. Принципиальных отличий мало. Их и не может быть мною в связи с тем, что приёмов торможения основных механизмов разрушения инструментов разработано не мно-

го. В том числе немногочисленны функции покрытий. В общем виде функции покрытия профессор С.Н. Григорьев [1] описывает следующим образом:

- высокотвёрдый слой (30 ГПа и более), препятствующий абразивному износу поверхности;
- барьерная среда для обеспечения низкого сродства с обрабатываемым материалом с целью сопротивляемости адгезионному изнашиванию;
- антифрикционная твёрдая смазка;
- температурный барьерный слой;
- барьер для торможения роста усталостных и термических трещин.

Проанализируем подробнее хотя бы одну из перечисленных функций, например последнюю. Действительно, принцип «сэндвича» часто используется в ряде изделий для торможения распространения трещин. На примере хрупких и вязкохрупких материалов доказано, что энергия продвижения устья трещины при достижении границы раздела слоев активизирует рост трещины вдоль границы, а не перпендикулярно ей. Это явление полезно на инструменте тем, что число таких барьеров на пути продвижения трещины вглубь пластины можно сделать большим. В этом случае трещине потребуется значительно большее время до образования магистральной трещины скола (см. рис. 1).

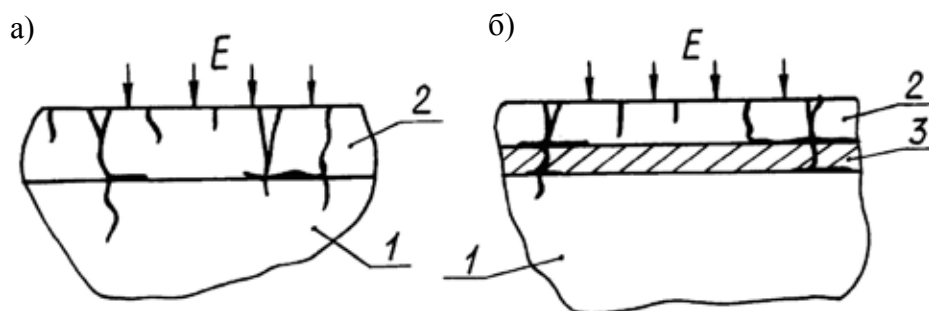


Рис. 1. Схема к анализу развития трещин: а – в однослойном покрытии; б – в покрытии с чередующимися слоями; 1 – основа; 2 – твердый слой; 3 – промежуточный мягкий слой

В эффекте «сэндвича» материал слоёв покрытия не играет решающей роли, более важно число слоёв. На данном этапе существуют технологии, позволяющие получить нанотолщинные слои. 100 – 200 слоёв на общей толщине покрытия в несколько микрон существенно увеличивают ресурс инструмента. Технологии сложны, длительны, установки дорогостоящие.

Однако следует понимать, что такие решения эффективны в основном для стабильных условий резания при обработке типовых конструкционных материалов. Чем более сложны условия нагружения инструмента, чем специфичнее обрабатываемый материал, тем больше нивелируется эффект. Причин несколько. Например, двойственная роль самого покрытия. Выше показаны его позитивные функции. Но существует и негативная. Например, сколовшийся объём твёрдого слоя покрытия при движении вместе со стружкой может наносить невосполнимые разрушения остальным слоям покрытия и самой основе инструментального материала.

Обсуждение предлагаемых решений

Существует другой путь. Число слоёв покрытия может быть небольшим. Но основа инструментального материала должна быть подготовлена под нанесение покрытия, покрытие должно содержать «твёрдые» и «мягкие» слои, а дефекты покрытия должны быть «залечены» [2, 3].

Мокрицкий Б.Я.

К ВОПРОСУ О ВЫБОРЕ ЭФФЕКТИВНОГО МЕТОДА УПРОЧНЕНИЯ ЛЕЗВИЙНОГО МЕТАЛЛОРЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА

Подготовка основы подразумевает технологические действия по стабилизации состояния и активизации поверхностного слоя пластины с тем, чтобы в результате нанесения покрытия образовался некоторый переходный слой, способный активно сопротивляться превалирующему механизму разрушения. Круг таких технологических действий широк: от стабилизационной термообработки до ионного азотирования [2]. Наличие «мягких» слоёв в покрытии (см. рис. 2) обеспечивает не только средство «твёрдых» слоёв, но и заполнение (см. рис. 3) металлом Me_1 пор в «твёрдом» слое Me_1C , демпфирование, улучшение теплоотвода вглубь пластины и безразрушительное перемещение скальвающих объёмов «твёрдого» покрытия Me_3N . «Залечивать» дефекты верхнего «твёрдого» слоя можно путём заполнения пор при нанесении металлического слоя, лазерно-термическим упрочнением [2] или термомеханическим воздействием.

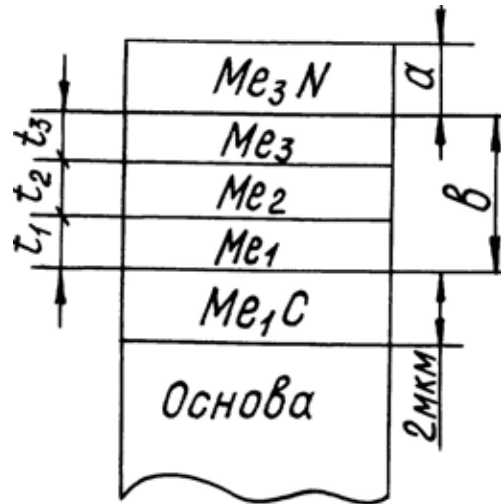


Рис. 2. Схема многослойного покрытия

При таком подходе технологические методы упрочнения инструмента могут быть реализованы на любом металлообрабатывающем предприятии под конкретные задачи. Технологическое оборудование для этого не сложно. Возможно применение межзаводской кооперации. Такой подход требует вдумчивого подхода к выбору технологии упрочнения и составу покрытия. В технологии упрочнения (см. рис. 4) наиболее важную роль играет выбор метода осаждения покрытия.

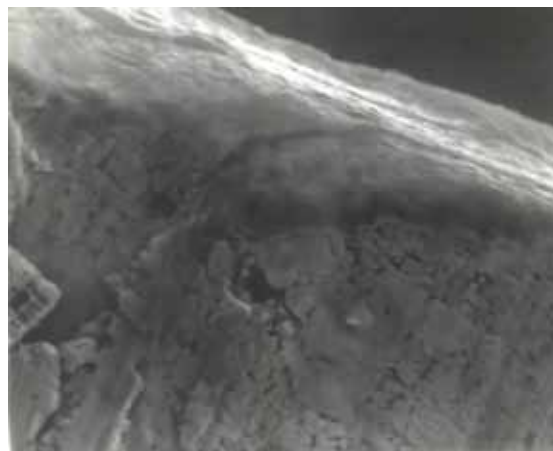


Рис. 3. Микрофрактограмма покрытия на инструменте:
а – покрытие $Mo + TiC + Mo$ в начальной стадии разрушения;
б – «залечивание» дефекта основы мягким слоем покрытия (шлиф, покрытие Mo)

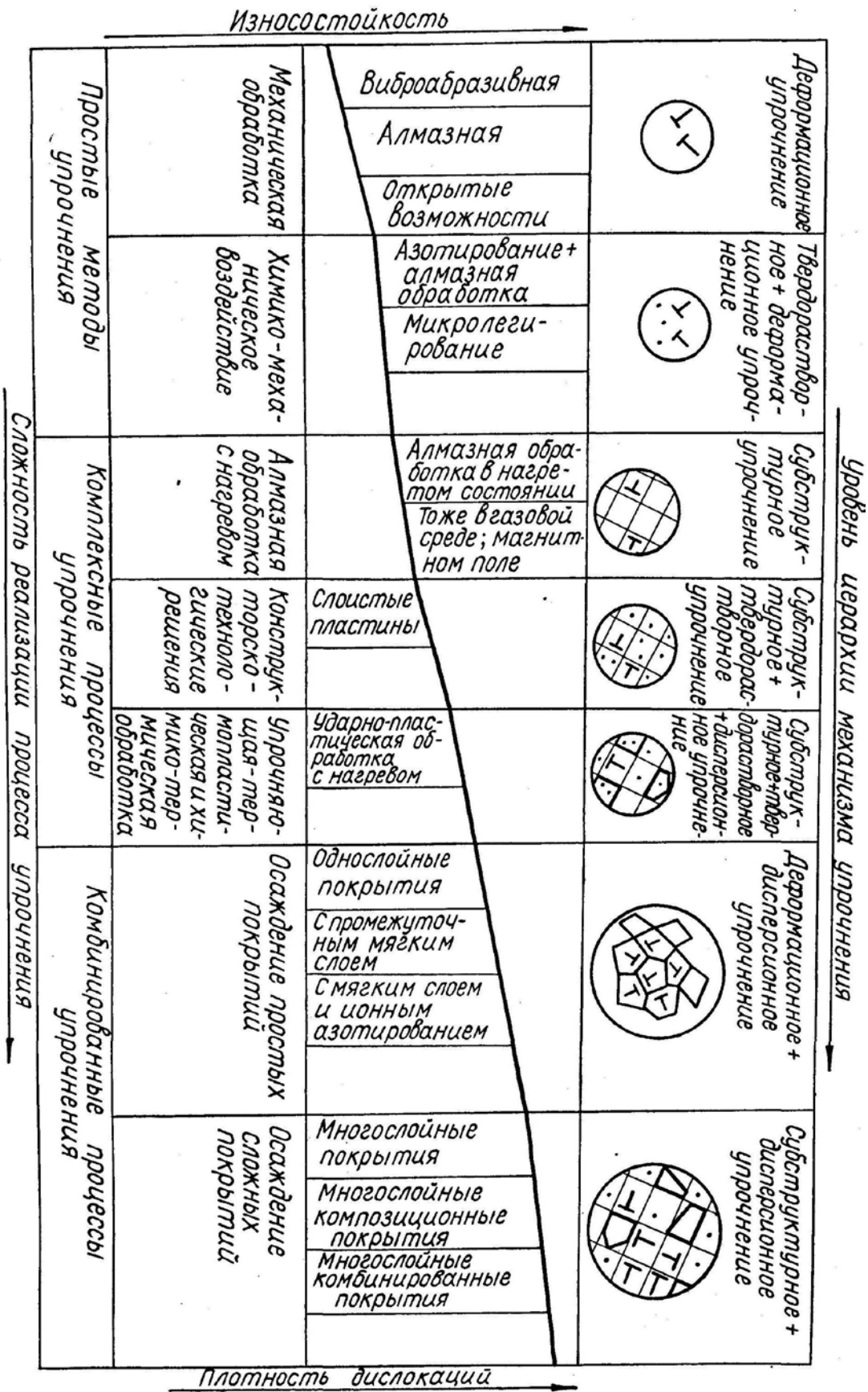


Рис. 4. Схема возможностей вовлечения механизмов упрочнения в процессы повышения работоспособности твердосплавного инструмента

Мокрицкий Б.Я.

К ВОПРОСУ О ВЫБОРЕ ЭФФЕКТИВНОГО МЕТОДА УПРОЧНЕНИЯ ЛЕЗВИЙНОГО МЕТАЛЛОРЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА

Результаты показывают, что наиболее эффективно для труднообрабатываемых материалов применение комбинаций методов осаждения [2]. Например, газотермическим методом (ГТ) осаждается нижний «твёрдый» карбидный слой, затем методом конденсации с ионной бомбардировкой (КИБ) осаждаются «мягкий» металлический слой и «твёрдый» нитридный слой. Выбор состава покрытия сложен из-за дефицитности применяемых материалов. Как правило, это элементы 4 – 6 групп периодической системы элементов. Но эффективны не только их нитриды или карбиды. Ниже (см. табл. 1) показана эффективность применения боридов титана в составе покрытия при фрезеровании титанового сплава ВТ-20 со скоростью резания 1,3 м/с, подачей 0,15 мм/зуб и глубиной 2 мм.

Таблица 1

Влияние состава покрытия на стойкость инструмента (до износа 0,4 мм)

Инструмент	VK8 + TiC (3 мкм) + TiB ₂ (3 мкм)	VK8 + TiC (2 мкм) + TiB ₂ (2 мкм) + TiN (2 мкм)	VK8 + TiC (2 мкм) + TiB ₂ (2 мкм) + (TiMo)N при толщине последнего слоя, мкм				
			1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
Период стойкости, мин	22	32	42	44	45	42	38

Хорошо показывают себя сложнокомпозиционные составы покрытий (см. рис. 5).

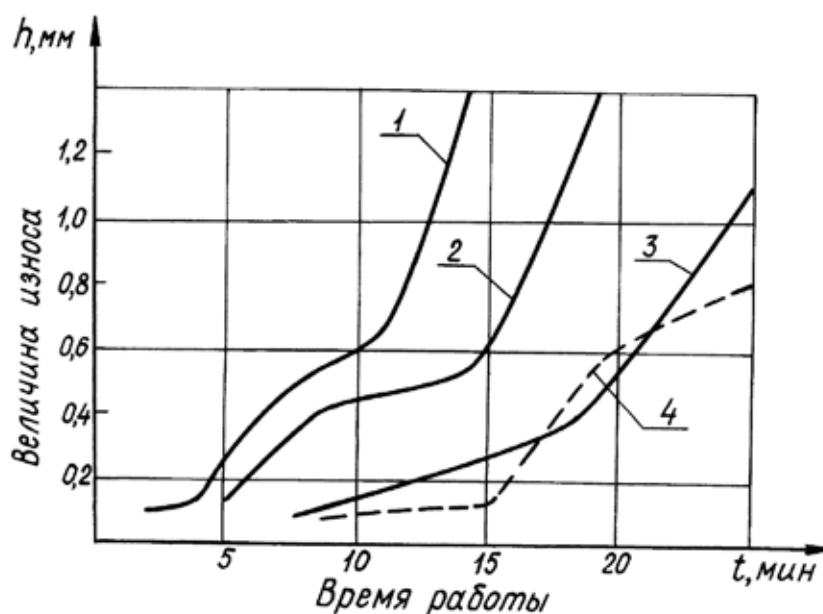


Рис. 5. Зависимость величины износа по задней грани от времени работы твердосплавного инструмента VK8: 1 – с покрытием TiN (КИБ); 2 – с покрытием TiC (ГТ); 3 – с композиционным покрытием, полученным при испарении спеченного катода, содержащего молибден, цирконий, титан, бор, кремний; 4 – с композиционным покрытием, полученным при испарении спеченного катода, содержащего титан, молибден, диборид ниобия, диборид тантала, диборид циркония

Выводы

1. Наиболее распространённая номенклатура инструмента ориентирована на обработку типовых конструкционных материалов в постоянных условиях резания. Превалирует номенклатура зарубежных производителей. Существенной разницы в работоспособности инструмента разных производителей нет, но колебания соотношения «цена – качество» существенны.

2. Возможности металловедческого подхода в повышении работоспособности инструмента во многом исчерпаны. Отдельные успехи применения нанотехнологий носят несистемный характер.

3. Для сложных условий нагружения инструмента и для обработки труднообрабатываемых материалов могут быть применены простые технологические приёмы упрочнения инструмента, основанные на подготовке основы инструментального материала к нанесению покрытия, на выборе конструкции, состава и методов нанесения покрытия, на «залечивании» дефектов в основе и покрытии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Григорьев, С.Н. Методы повышения стойкости режущего инструмента: учебник для студентов втузов / С.Н. Григорьев. – М.: Машиностроение, 2009. – 368 с.
2. Кабалдин, Ю.Г. Современные методы конструирования, контроля качества и прогнозирования работоспособности режущего инструмента / Ю.Г. Кабалдин, Б.Я. Мокрицкий, Н.А. Семашко, С.П. Тараев. – Владивосток: ДВГУ, 1990. – 122 с.
3. Мокрицкий, Б.Я. Физико-химические основы формирования высокопрочных покрытий на режущем инструменте / Б.Я. Мокрицкий, Ю.Г. Кабалдин, К.В. Кравчук // Судостроительная промышленность. /