

Выводы

В качестве альтернативы традиционной «сплошной» футеровке барабанных мельниц предложена защитная ребристая конструкция типа «беличья клетка», образуемая равномерно расположенными по окружности продольными ребрами, концы которых вставляются в пазы двух колец, закрепленных в противоположных торцах размольного барабана. Эта конструкция защищена тремя патентами Украины [2–4].

Ребра выполняют две функции, а именно: лифтеров и защитных элементов, так как не позволяют измельчаемому материалу и размольным телам свободно перемещаться в зоне контакта с внутренней поверхностью барабана и интенсивно изнашивать ее.

Предложенная защитная конструкция внедрена в производственных условиях ГНПП «АЛ-КОН-ТВЕРДОСПЛАВ» при модернизации размольных барабанов средних размеров (диаметром и длиной около 0,5 м) при мокром размоле твердосплавных смесей и хрупких брикетов регенерированных твердых сплавов. Подтверждено, что такая конструкция из стальных элементов отличается простотой монтажа, относительно небольшой массой, высокой надежностью, эффективностью и длительным сроком службы (к настоящему времени безремонтный период работы превысил пять лет).

Запропонована стальна захисна конструкція типу «біляча клітка» як альтернатива традиційній «суцільній» футеровці внутрішньої поверхні барабанного млина. Конструкція впроваджена в умовах дрібносерійного твердосплавного виробництва при модернізації барабаних млинів середнього розміру.

Ключові слова: футеровка, барабан, млин, твердий сплав.

The protective steel construction of the "squirrel cage" type as an alternative to the traditional "solid" lining of the inner surface of the drum mill is proposed. This design is successfully implemented under the conditions of small-scale production of hardmetals during modernization of the medium-sized drum mills.

Key words: lining, drum, mill, hardmetal.

Литература

1. Третьяков В. И. Основы металловедения и технологии производства спеченных твердых сплавов. – М.: Металлургия, 1976. – 528 с.
2. Пат. на кор. мод. 28437 Україна, МПК В02С 17/22. Барабан для розмелювання порошку / Л. С. Сидоренко, В. П. Бондаренко, О. В. Галков, Л. О. Василенко та ін. – Опубл. 10.12.2007, Бюл. № 20.
3. Пат. на винахід 85321 Україна, МПК В02С 17/22. Барабан для розмелу порошку / Л. С. Сидоренко, В. П. Бондаренко, О. В. Галков, Л. О. Василенко та ін. – Опубл. 12.01.2009, Бюл. № 1.
4. Пат. на кор. мод. 59430 Україна, МПК В02С 17/22. Розмельний барабан / В. П. Бондаренко, Л. С. Сидоренко, О. В. Галков, Л. О. Василенко та ін. – Опубл. 10.05.2011, Бюл. № 9.

Поступила 24.05.11

УДК 621.9.1.011:621.941.025

А. А. Ласуков, канд. техн. наук

Юргинский технологический институт (филиал) Томского политехнического университета, РФ

НАПРЯЖЕНИЯ В РЕЖУЩЕЙ ЧАСТИ ИМПЛАНТИРОВАННОГО ИНСТРУМЕНТА

Рассматривается изменение напряженно-деформированного состояния в режущем клине инструмента при обработке резанием, вызванное модификацией поверхностного слоя передней поверхности инструмента за счет ионной имплантации. Ионная имплантация, влияя на характеристики процесса резания, повышает работоспособность инструмента.

Ключевые слова: режущий инструмент, имплантация, работоспособность инструмента, напряженное состояние, распределение напряжений.

При обработке металлов резанием имеет место большой уровень температур и контактных нагрузок, что способствует повышенному износу инструмента, снижению его стойкости и работоспособности. За последние десятилетия ведущие производители инструмента разработали большое количество новых марок твердого сплава. Однако проблема низкой эффективности твердосплавного инструмента остается весьма актуальной.

Необходимо повысить эффективность инструмента путем создания твердого сплава с улучшенными физико-механическими и режущими свойствами, особенно за счет создания наноструктурированного слоя с многослойно-композиционной архитектурой [8]. В качестве методов повышения работоспособности в последнее время широко используют упрочняющую технологию и химико-термическую обработку [5] для инструментов различной формы и геометрических параметров.

К наиболее перспективным методам повышения стойкости инструмента относится ионная имплантация [9]. Свойства полученных материалов приближаются к свойствам идеализированных инструментальных материалов [1], а инструмент из такого материала обладает удовлетворительным запасом одновременно хрупкой и пластической прочности. Указанный метод не имеет основного недостатка всех применяемых видов покрытий – отслаивания. Стойкость инструмента может повышаться кратно, что объясняется повышением микротвердости и уменьшением коэффициента трения между инструментом и обрабатываемым материалом. Ионная имплантация позволяет улучшить все основные показатели процесса резания [2].

В настоящей работе рассматривается влияние ионной имплантации на напряженно-деформированное состояние режущей части инструмента при обработке конструкционной стали 30ХГСА режущими пластинами из твердого сплава Т5К10, имплантированными Al, TiB₂, ZrGf и Zr (дополнительно использовались пластины с покрытием TiN).

Результаты анализа процесса стружкообразования показали, что при обработке исходным инструментом [3] во всем диапазоне режимов резания образуется сливная стружка. Наматывание стружки на инструмент способствует снижению работоспособности последнего. Одновременно наблюдаются высокие значения силы резания, что так же приводит к снижению.

При работе имплантированным инструментом сила схватывания поверхностей стружки и инструмента различна, поэтому наблюдается разная степень деформации внутри стружки. Интенсивность явления схватывания определяется способностью контактирующих металлов взаимно растворяться [2]. Ионная имплантация режущего инструмента изменяет адгезионное взаимодействие стружки и инструмента, вследствие чего изменяется характер стружкообразования и повышается хрупкость стружки, что облегчает ее ломание и удаление из зоны резания. На рис. 1 показаны шлифы стружки при обработке инструментом с различными свойствами передней поверхности с явными изменениями текстуры внутри стружки. Это выражается в изменении угла текстуры стружки и размеров контактного слоя (наименьший угол текстуры – 49° – и наибольший контактный слой наблюдаются при имплантации алюминием, а наибольший угол – 58° – и наименьший слой – при имплантации цирконием). Указанное обстоятельство приводит к разным условиям нагружения режущего инструмента.

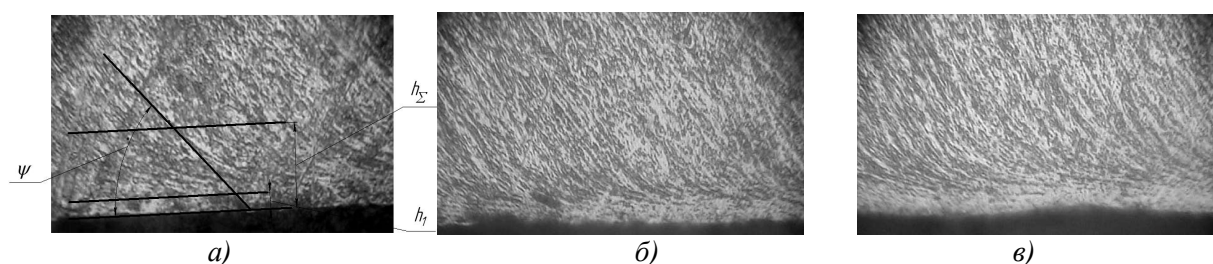


Рис. 1. Общий вид шлифов стружки из стали 30ХГСА ($V = 126$ м/мин) при имплантации: а) Al; б) BN; в) ZrGf

Изменение значения равнодействующей сил [5] в зависимости от скорости резания и вида имплантируемого материала показано на рис. 2.

Имплантация инструмента любым из применяемых в экспериментах материалов приводит к снижению усилий резания, что, очевидно, благоприятно отражается на обработке стали. Свойства покрытия совместно с имплантированным материалом также уменьшают силы на передней поверхности (рис. 2), а именно силу трения, что способствует снижению нагрузок на инструмент.

Изменение угла между равнодействующей силы резания и биссектрисой угла режущего клина ψ [5] показаны на рис. 3. Практический интерес представляет обработка стали пластинами с покрытием TiN, имплантированными ионами ZrGf (гафния 20%). При работе таким инструментом угол уменьшается и имеет достаточно низкие значения, равнодействующая сил приближается к оси симметрии режущего клина. При $\psi < 8^\circ 30'$ и $\beta > 50^\circ$ в клине преобладает сжимающее напряжение [5, 6], что и наблюдается при работе инструментом с покрытием TiN + ZrGf. Особенность описанного взаимодействия инструмента, имплантированного ионами ZrGf, с обрабатываемым материалом объясняется несущественным взаимодействием этих элементов с железом. Вероятность схватывания на передней поверхности уменьшается, силы резания снижаются.

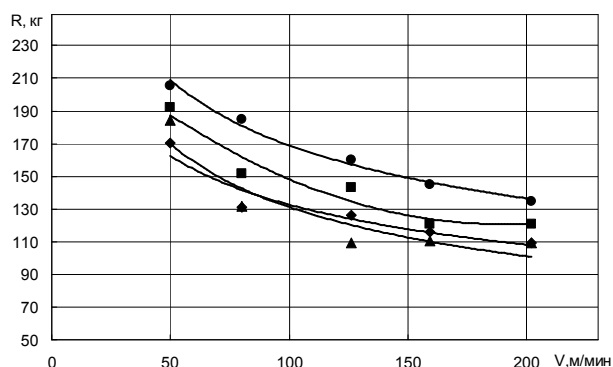


Рис. 2. Зависимости равнодействующей силы резания от скорости (Т5К10): ● – без имплантации; ◆ – покрытие TiN + ZrGf; ■ – TiB₂; ▲ – покрытие TiN + Al

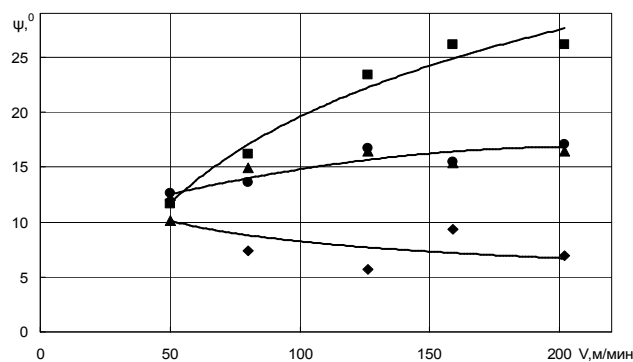


Рис. 3. Изменение угла ψ от скорости резания (Т5К10): ● – без имплантации; ◆ – покрытие TiN + ZrGf; ■ – TiB₂; ▲ – покрытие TiN + Al

Величину и характер распределения радиальных напряжений, возникающих в режущем клине под действием сосредоточенной силы [4] рассчитывали по формуле

$$\sigma_r = 2 \frac{R_{xy} [\cos \gamma \sin(\gamma + \theta) - \sin \alpha \cos(\alpha - \theta) + \beta \cos \theta] + \dots}{r \cdot [(\sin^2 \alpha - \cos^2 \gamma) - \beta^2 + \dots]} + \frac{P_z [\sin \alpha \sin(\alpha - \theta) - \cos \gamma \cos(\gamma + \theta) - \beta \sin \theta]}{+(\sin \alpha \cos \alpha - \sin \gamma \cos \gamma)^2}$$

где α , γ , β – главный задний угол, передний и заострения инструмента соответственно; r , θ – полярные координаты.

Расчет и построение картин изолиний напряжений реализовали с помощью программы разработанной в среде универсального математического пакета Maple (рис. 4).

Имплантация инструмента без покрытия ионами TiB₂ и Zr приводит к появлению растягивающего напряжения в верхней части режущего клина, с покрытием ионами TiB₂ и ZrGf – сжимающее напряжение в режущей части, что благоприятно сказывается при эксплуатации твердосплавного инструмента. При этом следует отметить, что это напряжение превышает напряжение в режущем клине исходного инструмента.

Лучший результат относительно прочности режущего инструмента из рассмотренных вариантов дает имплантация ионами ZrGf (гафния 20 %) пластин из твердого сплава Т5К10 с покрытием из TiN. Это выражается в наиболее концентричном расположении изолиний напряжения и отсутствии растяжения за контактной зоной, что подтверждается направлением равнодействующей силы резания относительно оси симметрии режущего клина (см. рис. 3).

Таким образом изменение свойств поверхности инструмента путем ионной имплантации существенно влияет на характер распределения и напряжение в режущей части инструмента. Исходя из анализа экспериментальных данных можно рекомендовать для применения на автоматических линиях и станках с ЧПУ без усложнения конструкции инструмента дополнительными элементами для дробления стружки, при обработке стали 30ХГСА пластины из твердого сплава Т5К10 с покрытием из TiN, имплантированные ионами ZrGf (гафния 20 %).

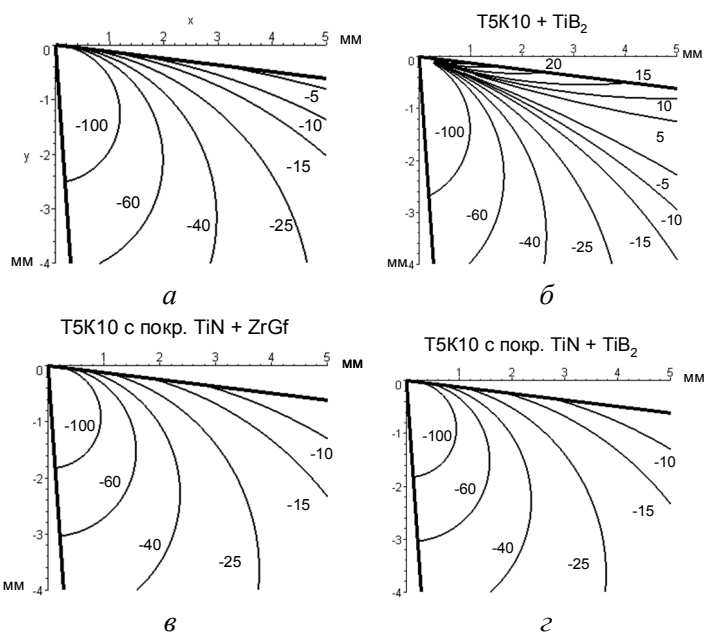


Рис. 4. Картины изолиний радиального напряжения в режущей части инструмента за контактной зоной

Розглядається зміна пружно-деформованого стану в ріжучому клині інструменту при обробці різанням, викликана модифікацією поверхневого шару передньої поверхні інструменту за рахунок іонної імплантації. Іонна імплантація, впливаючи на характеристики процесу різання, підвищує працездатність інструменту.

Ключові слова: ріжучий інструмент, імплантація, працездатність інструменту, напружений стан, розподіл напруг.

The given article considers the changes in the cutting wedge deformation mode while machining caused by ion implantation of surface layer of the face of tool. The last influences the machining process characteristics, improving the tool functionality.

Key words: cutting tool, implantation, tool functionality, work strain, stress distribution.

Литература

1. Васин С. А., Верещака А. С., Кушнер В. С. Резание металлов. Термомеханический подход к системе взаимосвязей при резании: Учебник для техн. вузов. М: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2001. – 448 с.
2. Брюхов В. В. Повышение стойкости инструмента методом ионной имплантации. – Томск: НТЛ, 2003. – 120с.
3. Ласуков А. А., Брюхов В. В., Зайцев К. В. Исследование влияния свойств поверхности инструмента на процесс стружкообразования // Современные проблемы машиностроения. Тр. II междунар. науч.-техн. конф. – Томск: ТПУ, 2004. – 594с. - С.482-484.
4. Петрушин С. И., Бобрович И. М., Корчуганова М. А. Оптимальное проектирование формы режущей части лезвийных инструментов: Учебное пособие. – Томск: Изд. ТПУ, 1999. – 91 с.
5. Утешев М.Х. Разработка научных основ расчета прочности режущей части инструмента по контактному напряжению с целью повышения его работоспособности: Дис... д-ра. техн. наук: 05.03.01, 01.02.06. – Томск, 1995. – 663 с.
6. Артамонов Е.В. Прочность и работоспособность сменных твердосплавных пластин сборных режущих инструментов. – Тюмень: Вектор Бук, 2003. – 190 с.
7. Bruno Dzieyk. Fortschritte in der Zerspanungstechnik durch mehrlagige Hartmetallbeschichtung// Technisches Zentralblatt für praktische Metallbearbeitung. – 1974. – Bd. 68. – N 6. – S. 199 – 200
8. Верещака А.С., Аникеев А.И., Дачева А.В. Повышение эффективности резания труднообрабатываемых материалов с применением инструмента с наноструктурированным износостойким покрытием // Технология машиностроения, 2010. – № 3. – С. 17–22.

Поступила 06.06.11