

Таблица 10. Результаты испытаний сталей на прочность

№ образца	Предел прочности после азотирования, МПа	Твердость поверхности после отпуска при 640°C, 4 часа, HV
1	114,0–126,5	1100–1180
2	113,0–128,0	1080–1120
3	113,0–126,0	1060–1180
4	115,0–129,5	1105–1190

Для промышленных испытаний были выплавлены 4 стали: плавки s1, s2, s3, s4.

Химический состав стали плавки s1 отвечал химическому составу плавки 014, химические составы плавков s2, s3, s4 отвечали химическим составам плавков 004, 015, 006 соответственно.

Из указанных сталей были получены методом комбинированной штамповки матрицы для прессования сложного профиля с коэффициентом вытяжки 12. Матрицы штамповали при 1020°C и отжигали, после чего производили вскрытие гравюры матрицы и ее доводку.

Заключение. В результате лабораторных испытаний установлено, что диффузионное упрочнение азотированием матриц из но-

вых сталей по применяемым на предприятии режимам, позволяет повысить их стойкость в 1,5 раза, а стойкость матриц изготовленных из новых сталей и подвергнутых упрочнению азотированием, в разработанных режимах, увеличивается в два раза.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Арзамасов, Б.М. *Материаловедение: учеб. для вузов* / Б.Н. Арзамасов, В.Н. Макарова, Г.Г. Мухин [и др.]: под общ. ред. Б.Н. Арзамасова, Г.Г. Мухина. – 5-е изд., стер. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2003. – 648 с.
2. Лахтин, Ю.Н. *Металловедение и термическая обработка металлов: учеб. для вузов* / Ю.М. Лахтин. – 4-е изд. – М.: Металлургия, 1993. – 448 с.
3. Лахтин, Ю.М. *Материаловедение* / Ю.М. Лахтин. – М.: Машиностроение, 1990. – 528 с.
4. Мельников, В.П. *Материаловедение. Термическая и химикотермическая обработки: сб. инд. заданий* / В.П. Мельников – Брянск: БГТУ, 1996. – 11с.
5. Патент США, кл.148-315 (С22с35/24) №3827923.

Материал поступил в редакцию 17.10.10

ALIFANOV A.V., KALUGIN J.K., DREMUK V.A. Development and research of new steels for the manufacture of matrices hot pressing

The possibility of increasing resistance profile matrix of steel used in the enterprises of the Republic of Belarus, and the two new developed steels by diffusion hardening (carburizing, nitriding and boriding). It was established that the diffusion hardening increases the durability of the matrices in 1,5 times. The complex of works on the development of new steels with low content of tungsten and carbon, improved micro alloying with titanium, zirconium, aluminum and other elements that allow the diffusion hardening on the surface to obtain the working channel matrix heat resistant carbides, nitrides and borides. The rational regimes of thermo mechanical forming of new steels, methods and modes of their hardening. Established that the resistance matrix, made of steel designed with the subsequent diffusion hardening of 1,5÷2 times higher than the resistance of the matrix, produced by conventional technology.

УДК 681.7

Онысько С.Р., Сазонов М.И., Хвусевич В.М., Чекан Н.М., Акула И.П.

ПОВЫШЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ ВЫРУБНЫХ ПУАНСОНОВ ПУТЕМ НАНЕСЕНИЯ ТОНКИХ ПЛЕНОК КАРБОНИТРИДА ЦИРКОНИЯ

Введение. Создание ресурсосберегающих технологий и материалов с улучшенными свойствами является одним из основных приоритетов в развитии машиностроения. Важная роль при решении этой проблемы отводится упрочняющим технологиям и, в частности, технологии нанесения тонких пленок, плазменно-вакуумными методами.

Детали машин, инструменты, элементы штамповой оснастки работают в жестких режимах, и ресурс их работы как правило невелик. Для повышения эксплуатационных свойств таких изделий традиционно используются технологии нанесения тонкопленочных покрытий на основе нитрида титана и алюминия, а также алмазоподобного углерода. Такие покрытия обладают высокой твердостью, низкой шероховатостью, малым коэффициентом трения, коррозионно- и износостойкостью [1, 2].

Однако при воздействии динамических и, в частности, ударных нагрузок, характерных для различного рода пуансонов, такие покрытия не обеспечивают высоких эксплуатационных свойств.

Как показали исследования последнего времени избежать указанных недостатков можно, используя покрытия на основе нитридов и карбидов циркония и особенно градиентных композиционных покрытий [3]. Такие покрытия обеспечивают более высокую твердость по сравнению с TiN и высокую адгезию по сравнению с углеродными покрытиями.

Объект исследования. Оборудование и методы упрочнения.

Для пробивки отверстий в крепежных деталях из стали 20 (рис. 1) используются цилиндрические и прямоугольные пуансоны, изготовленные из стали X12 M (рис. 2).



Рис. 1. Обрабатываемая деталь

Онысько Сергей Романович, старший преподаватель кафедры сопротивления материалов и теоретической механики Брестского государственного технического университета.

Сазонов Михаил Иванович, профессор кафедры сопротивления материалов и теоретической механики Брестского государственного технического университета.

Хвусевич Виталий Михайлович, зав. кафедрой сопротивления материалов и теоретической механики Брестского государственного технического университета.

Беларусь, 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.

Чекан Николай Михайлович, к.ф.-м.н., зам. начальника НИЦ «Плазмотег» ФТИ НАН Беларуси.

Акула Игорь Петрович, старший научный сотрудник НИЦ «Плазмотег» ФТИ НАН Беларуси.

Беларусь, 220141, г. Минск, ул. Купрэвича, 1.

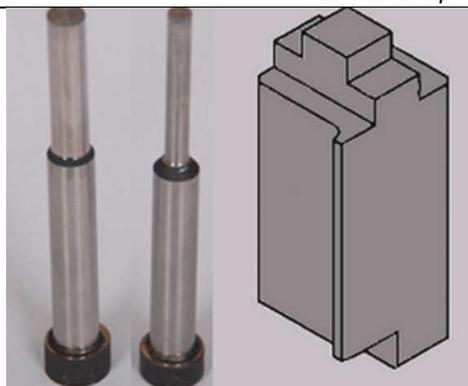


Рис. 2. Цилиндрические и прямоугольный пуансоны

Сталь X12M является высокохромистой и относится к ледебуритному классу [4], химический состав которой приведен в табл. 1, а микроструктура на рис. 3.

Таблица 1. Химический состав стали X12M

Массовая доля элемента, %					
C	Si	Mn	Cr	V	Mo
1,45–1,65	0,10–0,40	0,15–0,45	11,0–12,5	0,15–0,30	0,40–0,60

Пуансоны изготавливались по технологии характерной для штампов холодного деформирования. Предварительный отжиг заготовок осуществлялся при температуре $T=850-880^{\circ}\text{C}$ с непрерывным охлаждением. После механической обработки пуансоны закаливались в масле с отпуском при температуре $T=180-200^{\circ}\text{C}$ до твердости HRC 60-62.

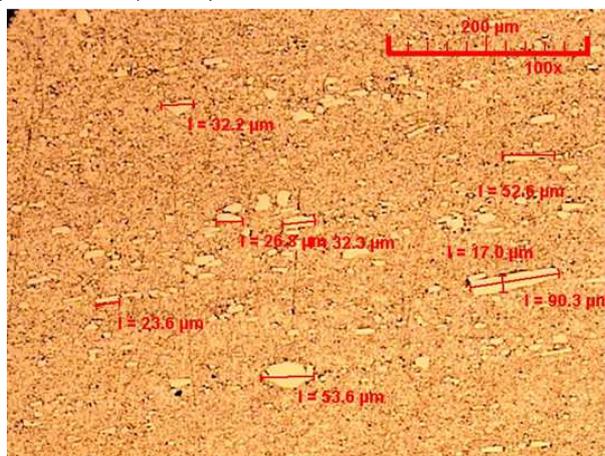
При таких технологических параметрах пуансоны выдерживали около 3000 пробивок, что не удовлетворяло условиям производства.

Исследования показали, что в процессе эксплуатации происходил интенсивный износ их режущей части, искривление оси, выламывание кусков металла режущей части и т.д., то есть вид разрушения деталей был характерен для процесса объемной закалки.

С целью повышения эксплуатационных свойств пуансонов была разработана технология их упрочнения путем нанесения покрытий на основе карбонитрида циркония.

Покрытия наносились методом конденсации ускоренных потоков плазмы металла [3] в среде азота и ацетилена на вакуумных установках типа УВНИПА – 1-001 и 002. В качестве подложки использовалась сталь X12M. Поверхность подложек перед процессом нанесения покрытий подвергалась предварительной очистке пучком ионов аргона в течение 3–5 минут. Для процесса осаждения пленки в вакуумную камеру подавался азот со скоростью 0,5–2,0 см³/с и при достижении толщины покрытия 0,5–1,0 мкм в камеру подавался ацетилен. Скорость подачи ацетилена постепенно увеличивалась от нуля до значений, сравнимых с подачей азота.

Для определения толщины покрытия применяли микротвердомер МИИ-4. Толщина покрытия составила 2,0–2,5 мкм.



Микротвердость покрытий определяли на приборе ПМТ-3 с использованием алмазного наконечника Кнупа при нагрузках 1 Н.

Фазовый состав покрытий определяли при помощи дифрактометра ДРОН-3. Морфологию поверхности оценивали на приборе НТ-206 в статическом и динамическом режимах сканирования. Триботехнические свойства определяли на трибометре по схеме "палец-диск".

Полученные результаты. В результате разработанного технологического процесса были нанесены на пуансоны композиционные покрытия карбонитрида циркония (ZrCN) толщиной 2,5–3 мкм (рис. 4).



Рис. 4. Пуансоны с нанесенным покрытием

Анализ фазового состава ZrCN покрытия показал, что уровень сигнала от наиболее интенсивной линии (111) находится между значениями для ZrN и ZrC (рис. 5), что говорит о хорошем перемешивании фаз карбида и нитрида циркония. Полученное покрытие является композиционным, содержащим наноструктурные зерна карбида циркония в матрице нитрида циркония.

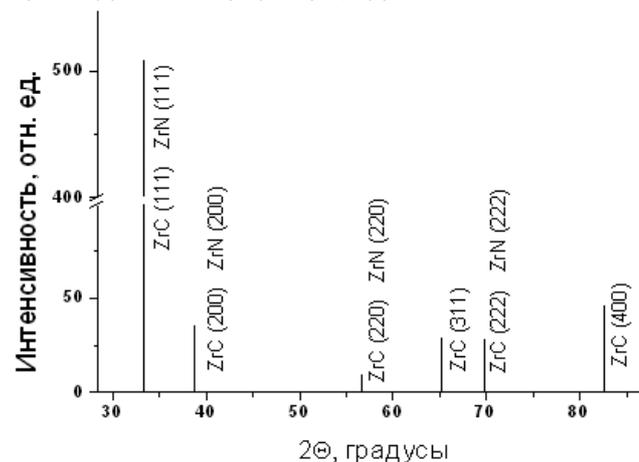


Рис. 5. Рентгенограмма покрытия ZrCN

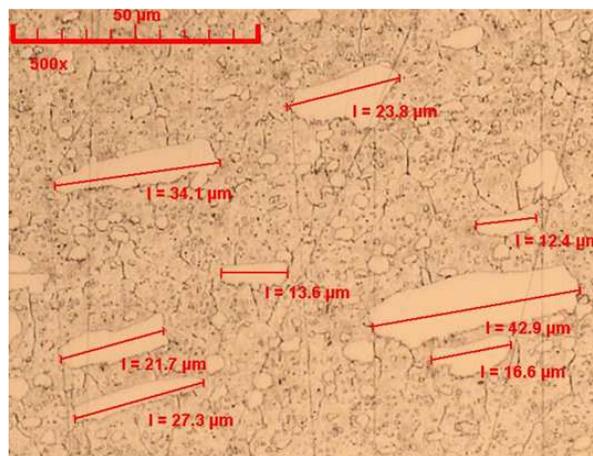


Рис. 3. Микроструктура стали X12M ($\times 100$), ($\times 500$)

Твердость полученных композиционных покрытий (ZrCN) точно определить не удалось из-за растрескивания покрытия, что говорит о высокой его твердости. Очевидно это связано с высокой дисперсностью фазы ZrN.

Микроструктура покрытий получена на атомном силовом микроскопе (рис. 6).

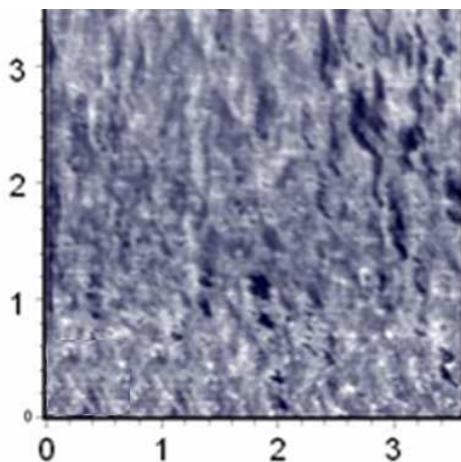


Рис. 6. Микроструктура покрытия ZrCN

На поверхности покрытия не наблюдается столбчатых ростовых структур, характерных для TiN. Прослеживается однородная структура покрытия без заметных включений и зерен. Среднеквадратичная шероховатость на базовой длине 25 мкм составила 12,5 нм.

Трибологические испытания показали, что коэффициент трения покрытия ZrCN $k \approx 0,4$.

Упрочненные пуансоны с толщиной покрытия 2,5–3 мкм были испытаны на прессовом оборудовании (63-тонный штамповочный пресс K2128E).

Предварительные испытания показали увеличение эксплуатационных свойств пуансонов в 2–3 раза (6000–9000 отверстий). При этом не были установлены случаи выхода из строя пуансонов путем поломки, эксплуатация пуансонов прекращалась в результате абразивного износа покрытия и притупления режущей кромки.

Заключение. В результате проведенных исследований по повышению эксплуатационных свойств штамповой оснастки с помощью вакуумно-плазменной установки получены градиентные композиционные покрытия на основе карбонитридов циркония обладающие высокими твердостью и адгезией, низким коэффициентом трения.

Разработаны основы технологии нанесения покрытий на штамповую оснастку.

Проведенные предварительные испытания упрочненных пуансонов показали, что их эксплуатационные свойства увеличились в 2–3 раза.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Gregor A., Podgursky V., Adoberg E., Kulu, P. Hard coatings manufacturing technology used in tooling // Proceedings of 5th International DAAAM Baltic Conference "Industrial engineering – adding innovation capacity of labour force and entrepreneurs" 20–22 April 2006, Tallinn, Estonia – P. 255–260.
2. Robertson J. Diamond-like amorphous carbon // Mat. Sci. En. – 2002. – Vol. 37. – P. 129–281.
3. Коваленко, В.И. Прочность поверхностных слоев циркониевых сплавов и вакуумно-дуговых покрытий при микроударном воздействии / В.И. Коваленко, В.Г. Маринин // Вопросы атомной науки и техники – 2008. – № 1. – С. 77–80.
4. Лахтин, Ю.М. *Металловедение и термическая обработка металлов.* Изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: Металлургия, 1977. – 409 с.

Материал поступил в редакцию 06.10.10

ONYSKO S.R., SAZONOV M.I., HVISEVICH V.M., CHEKAN N.M., AKULA I.P. Increase of operational properties to cut down punchon by drawing a thin film carbide zirconium

Research results of physical, mechanical and tribological properties gradient coatings on base nitride and carbide zirconium obtained by cathodic arc method are presented. It is showed that the coating revealed composite structure of ZrC phase embedded in ZrN matrix. The dry friction coefficient of the gradient composite coating is closed to dry friction coefficient of ZrCN of 0,4. The usage of ZrCN coatings on the punches made of chromium steel increases their life span by a factor of 2–3.

УДК 621.9 06-192:620.1

Горбунов В.П., Омесь Д.В.

АНАЛИЗ ТЕПЛОВЫХ ДЕФОРМАЦИЙ СТОЙКИ МНОГОЦЕЛЕВОГО СТАНКА С ЧИСЛОВЫМ ПРОГРАММНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ

Введение. Многоцелевой станок (МЦС) с числовым программным управлением (ЧПУ) представляет собой сложное, дорогостоящее оборудование. Эффективность использования МЦС связана с обеспечением требуемой точности, производительности и экономичности, которые в значительной степени определяются уровнем надежности, параметрами восстановления и ремонта. Для металлорежущих станков потеря работоспособного состояния в первую очередь связана с выходом основных технических параметров за допустимые пределы. Эта проблема особенно актуальна для прецизионных станков [1].

Существенное влияние на точность обработки оказывают тепловые деформации базовых элементов несущей системы МЦС, которые приводят к изменению относительного положения базовых поверхностей, несущих заготовку и инструмент. МЦС является сложной системой, распределение теплоты в которой проблематично

но описать аналитически. Тепловая энергия от внешних и внутренних источников передается деталям станка, перераспределяется между ними и частично отводится в окружающую среду. При этом протекают такие элементарные процессы, как теплопроводность, конвекция и тепловое излучение. Однако ни один из этих элементарных процессов в изолированном виде на практике не существует.

Тепловые деформации узлов и деталей станка носят сложный пространственно-временной характер и зависят от многих факторов: конструкции и компоновки узлов станка, режимов работы станка, последовательности и длительности работы на том или ином режиме, теплофизических параметров материалов, из которых изготовлен станок, условий теплообмена, геометрической формы узлов станка и многих других параметров.

Базовые узлы, из которых komponуются станки, имеют значительные размеры по сравнению с источниками тепловыделений,

Горбунов Виктор Петрович, к.т.н., доцент, зав. кафедрой машиноведения Брестского государственного технического университета.

Омесь Дмитрий Владимирович, ассистент кафедры начертательной геометрии и инженерной графики Брестского государственного технического университета.

Беларусь, 224023, г. Брест, ул. Московская, 267.