

Л и т е р а т у р а

1. Градиентные полимерные материалы / А. А. Аскадский, Л. М. Голенева, К. А. Бычко [и др.] // Обзор. журн. по химии. – 2012. – Т. 2, № 4. – С. 263–318.
2. Минько, Д. В. Теория и практика получения функциональноградиентных материалов импульсными электрофизическими методами / Д. В. Минько, К. Е. Белявин, В. К. Шелег. – Минск : БНТУ, 2020. – 450 с.

**КРИОГЕННАЯ ОБРАБОТКА ДЛЯ УПРОЧНЕНИЯ
ОСЕВОГО ИНСТРУМЕНТА****А. О. Гуша***Учреждение образования «Гомельский государственный технический
университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь*

Научный руководитель Г. В. Петришин

Рассмотрены основные материалы осевого инструмента до и после криогенной обработки. Проанализированы разные методологии криогенной обработки в сравнении с другими обработками и в их комбинациях. Получены результаты сравнения и сделаны выводы о преимуществах и недостатках криогенной обработки для упрочнения осевого инструмента.

Ключевые слова: PVD-покрытие, криогенная обработка, износостойкость.

Более 30 % от общего объема продукции инструментального производства занимает осевой инструмент (сверла, зенкеры, развертки). В силу конструктивных особенностей такой инструмент является малопроизводительным и лимитирует производительность технологического процесса механической обработки деталей. Для синхронизации операций и обеспечения заданной производительности технолог вынужден интенсифицировать режимы резания осевого инструмента, что, в свою очередь, ведет к увеличению себестоимости обработки за счет преждевременного выхода из строя инструмента и увеличения доли времени на участвовавшую смену инструмента.

Значительно повысить ресурс, стойкость и режущие свойства осевого инструмента можно технологическими способами за счет дополнительных операций: обработки в атмосфере сухого и перегретого пара, нанесением PVD-покрытий, криогенной обработки.

Обработка в атмосфере сухого и перегретого пара является простой, недорогой и безопасной операцией, способствующей повышению стойкости инструмента на 50–75 %. В результате такой обработки на поверхности инструмента образуется окисная пленка толщиной 2–5 мкм. Эта пленка защищает инструмент от коррозии, а также удерживает смазку, понижает коэффициент трения и препятствует свариванию стружки с инструментом при резании. Кроме того, обработка паром устраняет недоотпуск, полученный при комплексной термообработке, и снимает шлифовочные напряжения в инструменте.

В производстве осевого режущего инструмента из инструментальных сталей PVD-покрытия являются средством дополнительного повышения износостойкости за счет высокой твердости, низкого коэффициента трения, высокой химической устойчивости, повышения теплопроводности. Стойкость инструмента с PVD-покрытием повышается в 1,5–2 раза.

Повысить производительность, снизить себестоимость обработки и затраты на осевой инструмент позволяет упрочняющая криогенная обработка (КО). В ре-

зультате криогенного упрочнения повышается износостойкость за счет высокой и стабильной твердости, низкого коэффициента трения, повышения теплопроводности. Стойкость осевого инструмента из инструментальной стали с криогенным упрочнением повышается в 1,2–2 раза.

Увеличение стойкости сверл Р6М5 с криогенным упрочнением и без него при сверлении без СОЖ сохраняется и составляет 52 %.

Значения поправочного коэффициента K_{uv} , учитывающего влияние инструментального материала на скорость резания согласно зависимости

$$V_p = V_{\tau 0} K_{mv} K_{nv} K_{uv}$$

могут быть дополнены для сталей 9ХС и Р6М5 с криогенной обработкой значениями, равными 0,8 и 1,23 (см. таблицу).

Значения коэффициента K_{uv} для различных инструментальных материалов

Обрабатываемый материал	Инструментальный материал							
	Р6М5	Р6М5*	ВК4	ВК6	9ХС	9ХС*	ХВГ	У12А
Сталь, чугун, медные и алюминиевые сплавы	1	1,23	2,5	2,7	0,6	0,8	0,6	0,5

Примечание. *Материал после криогенной обработки.

Проведены исследования влияния операций нанесения PVD-покрытий и криогенного упрочнения на абразивную износостойкость образцов Ø 6 мм из сталей Р6М5 и 9ХС, используемых для производства осевого инструмента. Относительная размерная износостойкость исследуемых сталей, обработанных по различным технологическим схемам, приведена на рис. 1.

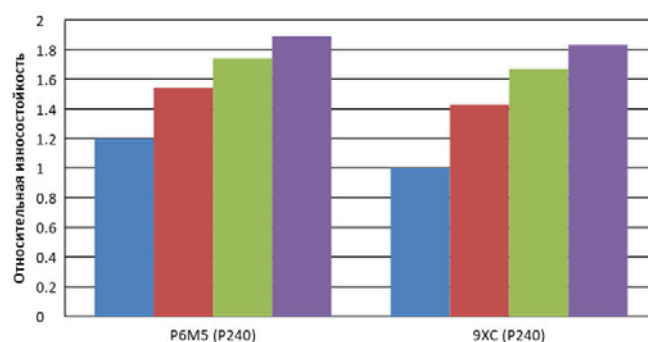


Рис. 1. Относительная износостойкость образцов из сталей Р6М5 и 9ХС, обработанных по различным технологическим схемам

Если принять за 1,0 износостойкость термообработанной стали 9ХС, то дополнительная криогенная обработка повышает размерную износостойкость на 43 %, что выше износостойкости термообработанной стали Р6М5. При этом стоимость инструментальной стали определенного сортамента Р6М5 составляет 11,3 руб./кг, что более, чем в 8 раз выше стоимости килограмма стали 9ХС. Таким образом, КО позволяет повысить стойкость и снизить затраты на осевой инструмент из стали 9ХС и Р6М5.

Для того чтобы инструмент из стали 9ХС мог конкурировать с инструментом из стали Р6М5 по производительности обработки отверстий, необходимо на него нанести PVD-покрытие. Наличие покрытия на инструменте из стали 9ХС позволяет назначать повышенные режимы резания в соответствии с составом покрытия. Дополнительная криогенная обработка инструмента из стали 9ХС с PVD-покрытием обеспечивает повышение стойкости до уровня, превышающего стойкость инструмента из стали Р6М5 с PVD-покрытием, что в конечном счете обеспечивает повышение производительности и стойкости, снижение себестоимости обработки и затрат на осевой инструмент.

Л и т е р а т у р а

1. Кокорин, Н. А. Термическая обработка при криогенных температурах / Н. А. Кокорин ; ООО «НПП «КриоТехРесурс». – Ижевск : Шелест, 2019. – 136 с. : ил.
2. Кокорин, Н. А. Стабилизация размеров и формы деталей криогенным воздействием / Н. А. Кокорин // РИТМ машиностроения. – 2020. – № 1. – С. 10–14.
3. Воробьев, В. Г. Термическая обработка стали при температуре ниже нуля / В. Г. Воробьев. – М. : Оборонгиз, 1954. – 306 с.
4. Лахтин, Ю. М. Металловедение и термическая обработка металлов : учебник / Ю. М. Лахтин. – М. : Металлургия, 1979. – 320 с.
5. Термическая обработка коррозионностойких сталей и сплавов на железоникелевой основе в химическом машиностроении : СТП 26.260.484-2004.
6. Кокорин, Н. А. Криогенное упрочнение – гарантия оптимизации инструмента / Н. А. Кокорин // РИТМ машиностроения. – 2018. – № 4. – С. 80–84.
7. Использование криогенной обработки для повышения износостойкости профилегибочных валков / А. В. Колобов, М. А. Соминин, С. В. Плеханов [и др.] // Металлург. – 2017. – № 6. – С. 86–90.
8. Криогенное упрочнение для повышения эффективности технологий обработки инструмента из стали Х12МФ / Ю. О. Михайлов, Н. А. Кокорин, В. В. Тарасов [и др.] // Вестник ИжГТУ имени М. Т. Калашникова. – 2017. – № 4. – С. 23–25.
9. Строение и свойства авиационных материалов : учеб. для вузов / А. Ф. Белов, Г. П. Бенедиктова, А. С. Висков [и др.]. – М. : Металлургия, 1989. – 368 с.
10. Гуляев, А. П. Инструментальные стали : справочник / А. П. Гуляев, К. А. Малинина, С. М. Саверина. – М. : Машиностроение, 1975. – 272 с.
11. Исследование абразивной износостойкости серого чугуна с криогенным упрочнением / В. В. Тарасов, И. А. Данилов, Н. А. Кокорин [и др.] // Механика и физико-химия гетерогенных сред, наносистем и новых материалов / В. В. Тарасов, И. А. Данилов, Н. А. Кокорин [и др.]. – Ижевск : ИМ УрО РАН, 2015. – С. 190–198.
12. Данилов, И. А. Повышение абразивной износостойкости чугуна криогенным воздействием / И. А. Данилов, Н. А. Кокорин, М. С. Кондратенков // Литейное производство. – 2015. – № 12. – С. 7–10.
13. Кокорин, Н. А. Оптимизация инструмента криогенным воздействием / Н. А. Кокорин // Промышленные страницы Сибири. – 2019. – № 10. – С. 60–63

ВЛИЯНИЕ МАТЕРИАЛОВ И ПАРАМЕТРОВ 3D-ПЕЧАТИ НА ЗОЛЬНОСТЬ ВЫЖИГАЕМОЙ МОДЕЛИ

А. Д. Левкина

*Учреждение образования «Гомельский государственный
технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь*

Научный руководитель Д. Л. Стасенко

Исследована FDM-печать выжигаемой модели для литья детали «Вилка». Ключевой параметр – зольность, зависящая от выбора полимера и параметров печати. Проведено сравнение пластиков REC CAST, PolyCast и PLA, которое показало, что PLA оптимален: золь-