

УДК 621.785

А. Б. БОБИН, М. Н. БОБИНА, В. Г. ХИЖНЯК, М. В. АРШУК

*Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт», Украина*

## ПОВЕРХНОСТНОЕ УПРОЧНЕНИЕ МНОГОГРАННЫХ НЕПЕРЕТАЧИВАЕМЫХ ТВЕРДОСПЛАВНЫХ ПЛАСТИН

*Рассмотрено влияние различных методов поверхностного упрочнения, включающих химико-термическую и магнито-абразивную обработки, на стойкость многогранных неперетачиваемых твердосплавных пластин. Сравнительные испытания многогранных неперетачиваемых пластин изготовленных из сплавов ВК8 и Т15К6 и упрочненных покрытиями на основе соединений титана, как в сочетании с магнитно-абразивной обработкой, так и без ее применения, показали, что наивысшую стойкость в условиях резания - в 4 - 7,5 раз большую по сравнению с необработанными, показывают многогранные неперетачиваемые твердосплавные пластины после комбинированного упрочнения, включающего предварительную магнитно-абразивную обработку, нанесение покрытий на основе карбида и нитрида титана и финишную магнитно-абразивную обработку.*

**Ключевые слова:** *твердые сплавы, покрытия, поверхностное упрочнение, магнитно-абразивная обработка, обработка резанием.*

**Введение.** Защитные покрытия на основе карбида и нитрида титана широко используются для повышения стойкости и работоспособности инструмента из твердых сплавов. Упрочнение поверхности твердосплавного инструмента покрытиями на основе карбидов титана позволяет повысить их стойкость в 3 - 5 раз. Однако они не пригодны при обработке аустенитных сталей и легких сплавов, поскольку на стойкость инструмента негативно влияет их химическое сродство к элементам, входящим в состав обрабатываемого материала. Покрытие TiN характеризуется практически полной инертностью к адгезии и высоким сопротивлением лункообразованию. Двухслойные покрытия на основе карбида и нитрида титана включают преимущества TiC и TiN. Многослойность обеспечивает достаточную вязкость покрытия, а высокая износостойкость по передней поверхности позволяет эффективно обрабатывать различные конструкционные материалы [1].

**Цель работы.** Введение в технологию производства многогранных неперетачиваемых твердосплавных пластин (МНТП) магнитно-абразивной обработки (МАО) позволяет повысить их эксплуатационные характеристики в 3-5 раз за счет снижения шероховатости рабочих элементов, получение оптимального радиуса скругления лезвия, устранение поверхностных дефектов пластин. Поэтому представляет несомненный интерес комбинация этих двух способов повышения стойкости и работоспособности такого дорогого инструмента как МНТП.

**Методика.** Исследования проводили на пятигранных пластинах из сплавов ВК8 и Т15К6. Покрытие из карбида титана TiC наносили при пониженном давлении  $10^1$  мм рт.ст. и температуре 1050 °С в течение 2 часов. В качестве насыщающей смеси использовали порошок титана, карбюризатор и галогеносодержащую добавку.

После титанирования на поверхности образуется покрытие на основе карбида титана (рис. 1, а), периоды кристаллической решетки которого изменяются по толщине от 0,43183 нм на поверхности до 0,43247 нм на границе с основой, вследствие увеличения содержания углерода в карбиде титана на внутренней стороне слоя.

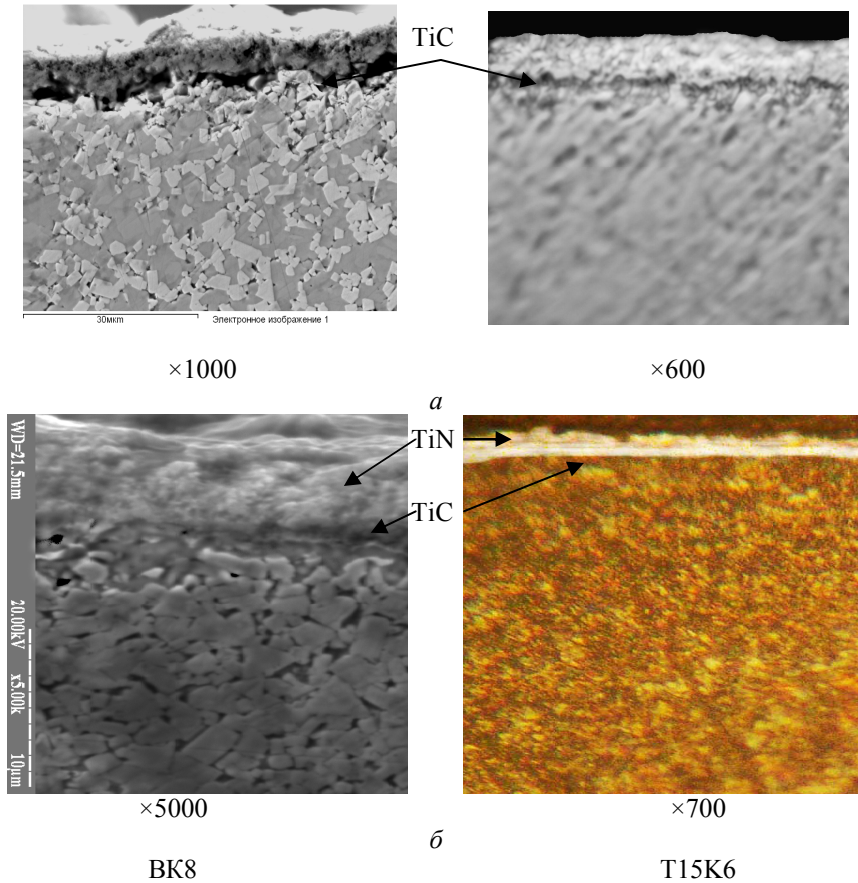


Рис. 1. Микроструктуры твердых сплавов с покрытиями после титанирования (а), титаноазотирования (б)  $T = 1273$  К, час выдержки – 2 часа

Для получения многослойного покрытия на основе карбида и нитрида титана в рабочее пространство за 0,5 часа до окончания насыщения дополнительно вводили азот технической чистоты. Это приводит к образованию покрытия золотистого, ближе к желтому, цвета, что говорит о присутствии в поверхностном слое нитрида титана TiN. Однако, как показывают микроструктурный и рентгеноструктурный анализы, основной составляющей этого вида покрытия также является карбид титана TiC, который образует внутренний слой толщиной 3,0-3,5 мкм. Период его кристаллической решетки 0,4321 нм, микротвердость – 37,0 ГПа. Внешний слой на основе нитрида титана TiN ( $a = 0,4230$  нм) имеет толщину 3,0-2,5 мкм и микротвердость 25,0 ГПа (рис. 1, б).

Магнитно-абразивную обработку МНТП проводили по следующему режиму: скорость обработки – 2 м/с; магнитная индукция - 0,27 Тл; время обработки 120 с; порошок Полимам-Т фракции 315/200 мкм.

Сравнительные испытания проводили в специально тяжелых условиях резания в соответствии с рекомендациями ВНИИТС [2]. Режущие свойства многогранных непереключаемых твердосплавных пластин с карбидными покрытиями сравнивали с режущими свойствами пластин без покрытия. Коэффициент стойкости вычисляли как отношение периода стойкости МНТП с покрытиями к периоду стойкости пластин без покрытия. Пластины для испытаний выбирали из

одной партии. Испытания МНТП проводили при продольном точении заготовок, изготовленных из сталей различных классов на станке Т-63 с бесступенчатой регулировкой оборотов шпинделя. Так как кинетика износа имеет линейный характер [3], испытания МНТП проводили до величины износа по задней поверхности на сплавах ВК8, равной 0,8 мм, а на сплавах Т15К6 - 0,7 мм. При этом величину износа измеряли через равные промежутки времени.

**Результаты испытаний и их обсуждение.** В работе приведены результаты сравнительных стойкостных испытаний многогранных неперетачиваемых пластин изготовленных из сплавов ВК8 и Т15К6 и упрочненных нанесением покрытий на основе соединений титана, как в сочетании с магнитно-абразивной обработкой, так и без ее применения, при обработке различных промышленных марок сталей (табл. 1). Также испытывали пластины с покрытием из нитрида титана, который наносили на установке «Булат».

Таблица 1

### Влияние различных типов покрытий на стойкость МНТП при точении

Марка сплава	Обрабатываемый материал (марки сталей)	Режим резание			Коэффициент повышения стойкости при нанесении покрытия				
		$t$ , мм	$S$ , мм/об.	$v$ , м/с	TiC	TiC + TiN	MAO + TiC + MAO	MAO + (TiC, TiN) + MAO	TiN
ВК8	У8А	1,0	0,434	1,73	4,0	5,5	5,5	6,5	5,0
	40Х13	1,0	0,434	2,50	4,5	6,0	5,0	6,3	2,3
	12Х18Н10Т	1,0	0,434	2,5	5,5	6,8	6,1	7,2	-
	06Х28МДТ	1,5	1,277	8,0	6,0	6,9	6,9	7,8	2,3
	ХНЗБ	1,5	0,434	6,0	2,0	3,0	3,2	4,4	-
Т15К6	Сталь 20	1,0	0,036	5,30	1,8	2,0	2,2	2,9	-
	Сталь 45	1,5	0,02	5,30	4,0	5,8	6,0	7,0	-
	40Х	1,5	0,5	2,50	4,0	5,7	6,0	7,0	-
	9ХС	1,0	0,036	5,00	3,0	3,2	5,1	7,0	-
	Х12М	1,0	0,036	3,3	1,8	2,0	2,4	3,9	1,1
	Р6М5	1,5	0,2	3,0	3,1	3,9	4,2	6,0	-
	3Х2В8	1,0	0,036	5,00	4,5	5,3	5,5	6,4	-

Существенное влияние на стойкость МНТП с защитными покрытиями имеет толщина последних. Влияние толщины покрытий на основе карбидов титана, ванадия, ниобия и хрома на стойкость МНТП показано в работе [3], а в работе [4] определена оптимальная толщина комплексных покрытий на основе карбида и нитрида титана. При проведении стойкостных испытаний использовали МНТП с покрытиями на основе карбида титана толщиной 6,0 мкм, и двухслойными, на основе карбида и нитрида титана – 6,5 мкм. Толщина покрытия на основе карбида титана после комплексного упрочнения, включающего предварительную и финишную MAO составила 9,5-10 мкм, а двухслойного покрытия на основе карбида и нитрида титана - (7,5-8,0) мкм. Толщина покрытия нитрида титана, нанесенного на установке «Булат», составляла 4,5 мкм. При указанных толщинах карбидных и нитридных покрытий сводится к минимуму негативное влияние различия коэффициентов термического расширения защитного слоя и основы твердого сплава.

Это позволяет предотвратить скалывание покрытий с поверхности твердых сплавов и способствует максимальному увеличению коэффициента стойкости.

При одинаковой толщине покрытия на стойкость МНТП сильно влияет размер зерен карбидных фаз. Увеличение среднего размера зерен в покрытии на основе карбида титана, нанесенного на поверхность сплава ВК8 от 1 до 1,5 мкм приводит к уменьшению стойкости МНТП в 1,5 раза. Чем мельче размер зерен в покрытии, тем лучше сцепление одного зерна с другим, а также с основой твердого сплава, то есть повышается коэффициент стойкости. Применение магнитно-абразивной обработки способствует получению более мелкозернистой структуры поверхностных слоев. Именно этим, а также более глубокой и твердой переходной зоной, лучшей чистой рабочей поверхности объясняется возможность увеличения толщины покрытий на МНТП при использовании комплексного упрочнения.

Максимальная скорость изнашивания МНТП при точении сталей, независимо от типа нанесенного покрытия, наблюдается в начальный промежуток времени (рис. 2-6). Затем скорость изнашивания уменьшается и стабилизируется. Последующее ее резкое увеличение приводит к выходу из строя МНТП.

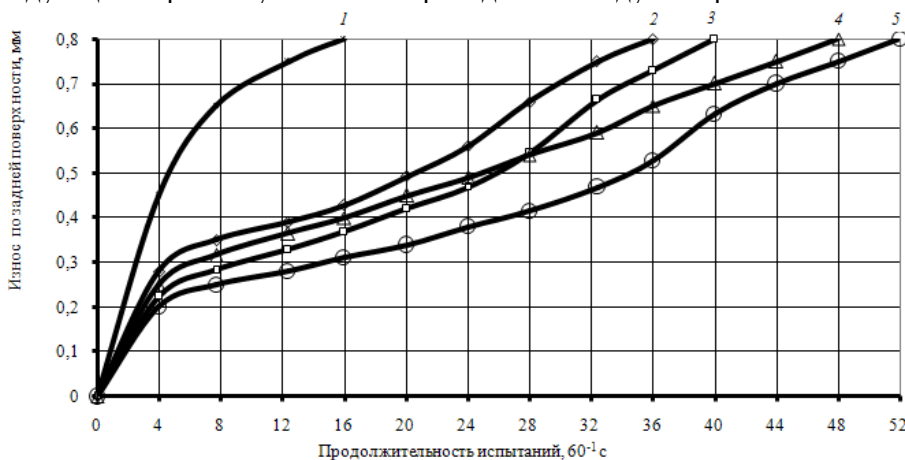


Рис. 2. Кинетика изнашивания МНТП из сплава ВК8 с различными покрытиями при точении стали 12Х18Н10Т: 1 - без покрытия; 2 - TiC; 3 - TiC, TiN; 4 - MAO+TiC+MAO; 5 - MAO+(TiC, TiN)+MAO;  $v = 2,5 \text{ м/с}$ ;  $s = 0,434 \text{ мм/об}$ ;  $t = 1,0 \text{ мм}$

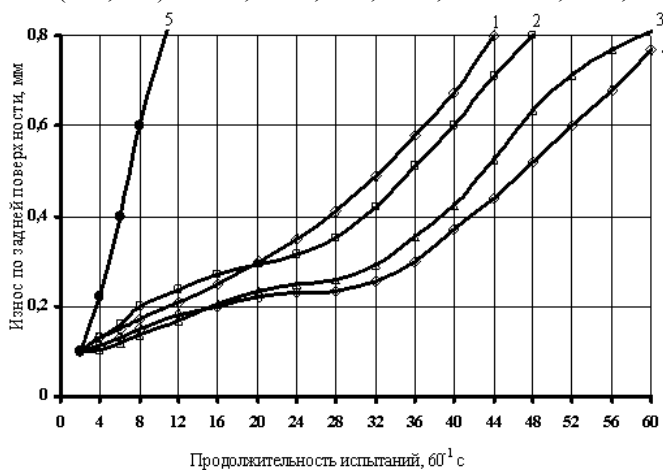


Рис. 3. Кинетика изнашивания МНТП из сплава ВК8 с различными покрытиями при точении стали 40Х13Н10Т: 1 - TiC; 2 - TiC, TiN; 3 - MAO+TiC+MAO; 4 - MAO+(TiC, TiN)+MAO; 5 - без покрытия  $v = 2,5 \text{ м/с}$ ;  $s = 0,434 \text{ мм/об}$ ;  $t = 1,0 \text{ мм}$

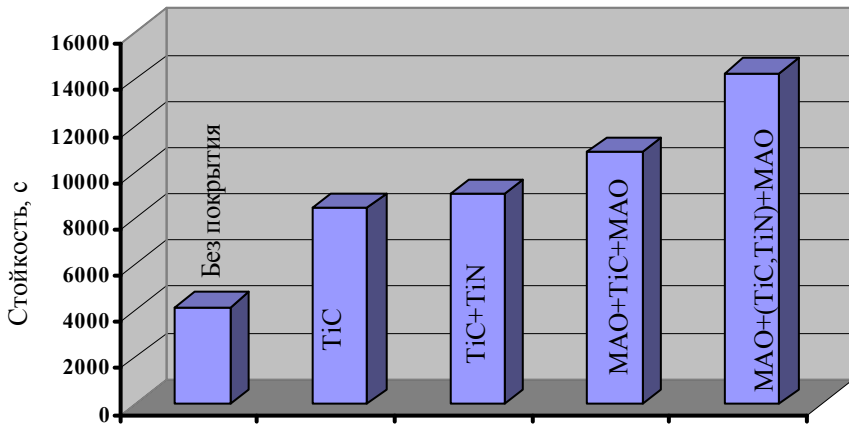


Рис. 4. Стойкость МНТП из сплава ВК8 с различными покрытиями при точении стали 20:  $v = 5,3$  м/с;  $s = 0,036$  мм/об;  $t = 1,0$  мм

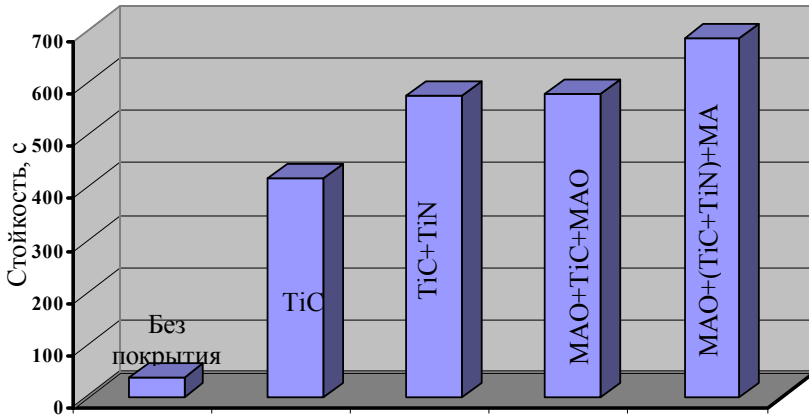


Рис. 5. Стойкость МНТП из сплава ВК8 с различными покрытиями при точении стали У8А:  $v = 1,73$  м/с;  $s = 0,43$  мм/об;  $t = 1,0$  мм

Независимо от типа наносимого покрытия, скорость изнашивания МНТП во всем временном интервале при точении высокоуглеродистых и легированных сталей значительно ниже серийных. При прочих равных условиях, покрытие на основе карбида титана обеспечивает повышение стойкости в (1,3-2,0) раза по сравнению с покрытием на основе нитрида титана, а комплексное покрытие на основе карбида и нитрида титана - (1,1-1,8) раза, по сравнению с покрытием на основе карбида титана. Применение дополнительной магнитно-абразивной обработки позволяет увеличить стойкость покрытий еще в (1,2-1,35) раза по сравнению с соответствующими покрытиями, не подвергавшимися MAO.

Характер износа пластин в значительной степени определяется химическим составом и структурой обрабатываемых сталей. При точении углеродистых сталей 20, 45 и У8А наблюдается в основном абразивный и адгезионный износ пластин. Точение высоколегированных сталей 12Х18Н10Т, 06Х28МДТ, 3Х2В8 и Р6М5 сопровождается износом пластин за счет адгезионного взаимодействия снятой стружки с покрытием, порой разрушающимся по всей площади. Существенное

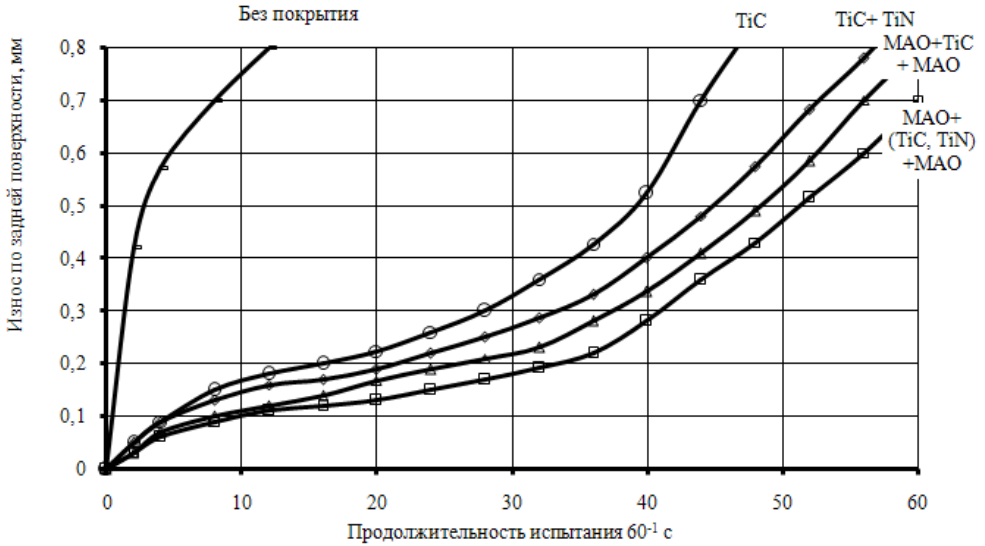


Рис. 6. Кинетика изнашивания МНТП из сплава ВК8 с различными покрытиями при точении стали 9ХС:  $v = 5,0$  м/с;  $s = 0,036$  мм/об;  $t = 1,0$  мм

повышение устойчивости МНТП с предложенными защитными покрытиями наблюдается и при фрезеровании сталей.

**Выводы.** Сравнительные испытания многогранных неперетачиваемых пластин изготовленных из сплавов ВК8 и Т15К6 и упрочненных покрытиями на основе соединений титана, как в сочетании с магнитно-абразивной обработкой, так и без ее применения, показали увеличение стойкости в условиях резания в 4-7,5 раз по сравнению с необработанными. Наилучшие результаты показывают МНТП после комбинированного упрочнения, которое включает предварительную магнитно-абразивную обработку, нанесение покрытий на основе карбида и нитрида титана, финишную магнитно-абразивную обработку. Результаты испытаний позволяют рекомендовать предложенный комбинированный способ для поверхностного упрочнения многогранных неперетачиваемых твердосплавных пластин.

#### Список литературы

1. Корниевич М. А. Теория резания: навч. посіб. / М. А. Корниевич, Е. Э. Фельдштейн, П. И. Ящерицын. – Минск: Новое знание, 2007. – 512 с.
2. Методика испытаний металлорежущего инструмента. Общемашиностроительные нормативы режимов резания для технического нормирования работ на металлорежущих станках. Часть 1, – М.: Машиностроение, 1974, – 406 с.
3. Хижняк В. Г. Карбидные покрытия на инструментальных сталях: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук. В. Г. Хижняк. – К., 1980. – 25 с.
4. Дифузійні карбідні покриття / [Лоскутов В. Ф., Хижняк В. Г., Куницький Ю. А., Кіндрачук М. В.]. – К.: Техніка, 1991. – 168 с.

*А. Б. БОБІН, М. М. БОБІНА, В. Г. ХИЖНЯК, М. В. АРШУК*

### ПОВЕРХНЕВЕ ЗМІЦНЕННЯ БАГАТОГРАННИХ НЕПЕРЕТОЧУВАНИХ ТВЕРДОСПЛАВНИХ ПЛАСТИН

Розглянуто вплив різних методів поверхневого зміцнення, що включають хіміко-термічну та магніто-абразивну обробку, на працездатність та стійкість багатограних непереточуваних твердосплавних пластин. Порівняльні випробування багатограних непереточуваних пластин виготовлених зі сплавів ВК8 і Т15К6 і зміцнених покриттями на основі сполук титану, як в поєднанні з магнітно-абразивною обробкою, так і без її застосування показали, що найвищу стійкість в умовах різання – в 4 -7,5 разів більшу в порівнянні з необробленими, показують багатограни непереточувані твердосплавні пластини після комбінованого зміцнення, яке включає попередню магнітно-абразивну обробку, нанесення покриттів на основі карбиду та нітриду титану та фінішну магнітно-абразивну обробку

**Ключові слова:** тверді сплави, покриття, поверхневе зміцнення, магнітно-абразивна обробка, обробка різанням.

*А. В. BOBIN, M. M. BOBINA, V. G. KHYZHNIAK, M. V. ARSHUK*

### SURFACE HARDENING MULTIFACETED INDEXABLE HARD ALLOY PLATES

The influence of different methods of surface hardening, including chemical and thermal and magnetic-abrasive machining, resistance multifaceted indexable hard alloy plates. Comparative tests polygonal indexable plates made of alloys VK8 and T15K6 and hardened coatings based on titanium compounds in combination with a magnetic-abrasive processing, and without its use have shown that the highest resistance to cutting conditions - 4 times -7.5 greater compared to untreated show indexable hard alloy plates after combined hardening involves a preliminary magnetic-abrasive processing, coating based on titanium carbide and nitride and magnetic abrasive finishing process.

**Keywords:** hard alloys, coatings, surface hardening, magnetic-abrasive machining, machining.

**Бобин Андрей Борисович** – аспирант кафедри металловедіння і термічної обробки інженерно-фізического факультета, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», ул. Політехнічеська, 35, корп. № 9, г. Київ, Україна, 03056, тел.: +38 044 454 95 45, E-mail: marina351@rambler.ru.

**Бобина Марина Николаевна** - канд. техн. наук, доцент кафедри металловедіння і термічної обробки інженерно-фізического факультета, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», ул. Політехнічеська, 35, корп. № 9, г. Київ, Україна, 03056, тел. : +38 044 454 95 45, E-mail: marina351@rambler.ru.

**Хижняк Виктор Гаврилович** - д.т.н., професор кафедри металловедіння і термічної обробки інженерно-фізического факультета, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», ул. Політехнічеська, 35, корп. № 9, г. Київ, Україна, 03056, тел.: +38 044 454 95 45, E-mail: marina351@rambler.ru.

**Аршук Марина Витальевна** - канд. техн. наук, асистент кафедри металловедіння і термічної обробки інженерно-фізического факультета, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», ул. Політехнічеська, 35, корп. № 9, г. Київ, Україна, 03056, тел.: +38 093 767 52 32, E-mail: marina351@rambler.ru.