

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ „КПІ”**

**ІНЖЕНЕРНО-ФІЗИЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ**



**НОВІ МАТЕРІАЛИ І ТЕХНОЛОГІЇ  
В МАШИНОБУДУВАННІ**

**МАТЕРІАЛИ**

**VIII Міжнародної науково-технічної конференції**

Україна, Київ

2016

<i>Кисла Г.П., Сисоєв М.О., Білодід Д.М., Лобода П.І. (НТУУ «КПІ», м. Київ) СПЛАВИ СИСТЕМИ <math>ZrO_2 - ZrV_2</math> .....</i>	<i>69</i>
<i>Клеков А.О., Степанчук А.М., Смик В.М., Шум Л.В. (НТУУ «КПІ», м. Київ) ЗАКОНОМІРНОСТІ УЩІЛЬНЕННЯ ПОРОШКОВИХ МАТЕРІАЛІВ НА ОСНОВІ КОМПОЗИЦІЙ <math>Fe - Al</math> .....</i>	<i>70</i>
<i>Клименко В.А., Шейко О.І., Левіцька Т.О. (НТУУ «КПІ», м. Київ) МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ ПОРИСТОСТІ, ЩІЛЬНОСТІ ТА ГАЗОПРОНИКНОСТІ ФОРМУВАЛЬНИХ СУМІШЕЙ З НАПОВНЮВАЧЕМ З ДВОХ ФРАКЦІЙ.....</i>	<i>71</i>
<i>Клименко В.А., Шейко О.І., Левіцька Т.О. (НТУУ «КПІ», м. Київ) ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОСТОРОВОЇ СТРУКТУРИ ДВОКОМПОНЕНТНОГО НАПОВНЮВАЧА У СКЛАДІ УЩІЛЬНЕНОЇ ФОРМУВАЛЬНОЇ СУМІШІ.....</i>	<i>73</i>
<i>Клименко С.И., Маляр В.А. (ФТИМС НАН України, г. Киев) ЗАКОНОМЕРНОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ КАЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТИ ЛИТЫХ АЛЮМИНИЕВЫХ АРМИРОВАННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПРИ ЛИТЬЕ ПО ГАЗИФИЦИРУЕМЫМ МОДЕЛЯМ, НАПОЛНЕННЫМ ГРАФИТОВОЙ ФАЗОЙ .....</i>	<i>75</i>
<i>Кобзева А.І., Чубін К.І., Стороженко Т.І. (ДДТУ, м. Дніпродзержинськ) УДОСКОНАЛЕННЯ ОБРОБКИ РОЗПЛАВУ ЧАВУНУ МАГНІЄМ З МЕТОЮ ОТРИМАННЯ ВИЛИВКІВ ПІДВИЩЕНОЇ ЯКОСТІ.....</i>	<i>76</i>
<i>Кобилінський Ю.В., Болбут В.В., Богомол Ю.І., Лобода П.І. (НТУУ «КПІ», м. Київ) ВПЛИВ ТЕРМІЧНОЇ ОБРОБКИ НА МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ТА НА ВНУТРІШНІ НАПРУЖЕННЯ В СПРЯМОВАНО ЗАКРИСТАЛІЗОВАНОМУ ЕВТЕКТИЧНОМУ СПЛАВІ <math>V_4C-TiV_2</math>.....</i>	<i>77</i>
<i>Ковальчук О.Г., Ямишинський М.М., Федоров Г.Є. (НТУУ «КПІ», м. Київ) ПОВЕРХНЕВЕ ЛЕГУВАННЯ СТАЛЕВИХ ВИЛИВКІВ .....</i>	<i>78</i>
<i>Косинская А.В., Затумовский А.С., Костенко А.Д., Набока Е.А. (ФТИМС НАН України, г. Киев) СТРУКТУРА БИНАРНЫХ СПЛАВОВ <math>Al-Cr</math> И ИХ ИЗНОСОСТОЙКОСТЬ .....</i>	<i>79</i>
<i>Костик Е.А., Костик В.О., Аль-Рекаби Дафер В. (НТУ «ХПИ», г. Харьков) МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ГАЗОВОГО АЗОТИРОВАНИЯ .....</i>	<i>80</i>
<i>Костик Е.А., Костик В.О., Моханад Музахем Кхалаф (НТУ «ХПИ», г. Харьков) МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ИОННО-ПЛАЗМЕННОГО АЗОТИРОВАНИЯ.....</i>	<i>81</i>
<i>Кочешков А.С., Тошева О.Ю. (НТУУ «КПІ», м. Київ) ЛИВАРНІ СУМІШІ З КОМБІНОВАНИМ НАПОВНЮВАЧЕМ ДЛЯ ЛИТТЯ ТОЧНОЇ ЗАГОТОВКИ У ФОРМИ-МОНОЛІТИ.....</i>	<i>82</i>
<i>Кравченко В.П., Кравченко Е.В. (ФТИМС НАН України; МНУЦИТС НАН и МОН України, г. Киев) ИНДУКТИВНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ ПРОЦЕССА ОХЛАЖДЕНИЯ ОТЛИВКИ.....</i>	<i>83</i>
<i>Кулініч А.А., Горєлкін Д.М., Захарова А.С., Тищенко Н.В., Онопрієнко О.О., Ясир Д.В. (НТУУ «КПІ», м. Київ) ВПЛИВ КОМПЛЕКСНОГО МІКРОЛЕГУВАННЯ ТИТАНОМ І ВУГЛЕЦЕМ НА МІКРОСТРУКТУРУ СПЛАВУ <math>B95</math> .....</i>	<i>84</i>
<i>Кулініч А.А., Христенко В.В., Тищенко Н.В., Чепурний П.В. (НТУУ «КПІ», м. Київ) ВПЛИВ ПЕРЕМІШУВАННЯ РОЗПЛАВУ НА РОЗМІР ЗЕРНА ЛИВАРНИХ СПЛАВІВ СИСТЕМИ <math>Al - Mg</math>.....</i>	<i>85</i>
<i>Лоскутова Т.В., Хижняк В.Г., Дудка О.І., Погребова І.С., Бобіна М.М., Дезула А.І. (НТУУ «КПІ», м. Київ) ЖАРОСТІЙКІСТЬ ПОКРИТТІВ НА ОСНОВІ КАРБІДУ ТИТАНУ.....</i>	<i>87</i>
<i>Лук'яненко О.Г., Труш В.С. (ФМІ ім. Г.В. Карпенка НАН України, м. Львів) ВПЛИВ ПАРЦІАЛЬНОГО ТИСКУ КИСНЮ НА ПРИПОВЕРХНЕВИЙ ШАР СПЛАВІВ <math>VT1-0</math> ТА <math>Zr-1\%Nb</math> ЗА ТЕРМІЧНОЇ ОБРОБКИ .....</i>	<i>88</i>
<i>Лысенко Т.В., Шинский О.И., Солоненко Л.И., Васильев Д.С. (ОНПУ, г. Одесса) ПРОЧНОСТНЫЕ СВОЙСТВА НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫХ ФОРМ .....</i>	<i>89</i>
<i>Лютий Р.В., Прилуцький М.І. (НТУУ «КПІ», м. Київ) ВПЛИВ СПОСОБУ ПРИГОТУВАННЯ РІДКОГО СКЛА НА ВИБИВАЄМІСТЬ СТРИЖНЕВОЇ СУМІШІ .....</i>	<i>90</i>
<i>Лютова О.В., Авраменко К.А. (ЗНТУ, г. Запорожье) МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ ПРОИЗВОДСТВА НА КАЧЕСТВО ВТОРИЧНЫХ СИЛУМИНОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГРАФИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ОПТИМИЗАЦИИ .....</i>	<i>91</i>
<i>Максюта И.И., Квасницкая Ю.Г., Нейма А.В., Михнян Е.В. (ФТИМС НАН України, г. Киев) ПОЛУЧЕНИЕ ОТЛИВОК МЕТОДОМ КОМБИНИРОВАНИЯ СПОСОБА ЛВМ И ВЫЖИГАНИЯ.....</i>	<i>92</i>
<i>Максюта І.І., Квасницька Ю.Г., Михнян О.В., Нейма О.В. (ФТИМС НАН України, м. Київ) АНАЛІЗ ТЕРМОМЕТРИЧНИХ ДАНИХ КРИСТАЛІЗАЦІЇ СПЛАВІВ ПРИ ЛИТТІ ЛОПАТОК ГТД У КОМПЛЕКСНОМОДИФІКОВАНИ КЕРАМІЧНІ ФОРМИ.....</i>	<i>93</i>
<i>Малинов В.Л., Малинов Л.С. (ГВУЗ «ПГТУ», г. Мариуполь) ПОВЫШЕНИЕ СВОЙСТВ НАПЛАВЛЕННОГО МЕТАЛЛА ЗА СЧЕТ ПОЛУЧЕНИЯ В НЕМ АУСТЕНИТА И УПРАВЛЕНИЯ ЕГО КОЛИЧЕСТВОМ И СТАБИЛЬНОСТЬЮ .....</i>	<i>94</i>
<i>Малинов Л.С., Бурова Д.В., Гоманюк В.Д. (ГВУЗ «ПГТУ», г. Мариуполь) НЕТИПОВАЯ ИЗОТЕРМИЧЕСКАЯ ЗАКАЛКА СТАЛЕЙ ИЗ МЕЖКРИТИЧЕСКОГО ИНТЕРВАЛА ТЕМПЕРАТУР.....</i>	<i>96</i>

рази нижчі значення міцності на згин, мікротвердість та тріщиностійкість теж зазнали незначного зменшення.

Таблиця 1 – Механічні властивості до і після термообробки в спрямовано закристалізованому евтектичному сплаві  $B_4C-TiB_2$

	Міцність на згин, МПа	Мікротвердість, ГПа		Тріщиностійкість, МПа·м <sup>1/2</sup>
		quer	längs	
Без термообробки	176 ± 25	41,45 ± 2,1	44,42 ± 3,1	7,8
Після термообробки за 1400 °С	59,28 ± 22,51	39,82 ± 1,0	42,14 ± 3,5	6,39 ± 1,9

Література:

1. Gunjishima I. Characterization of Directionally Solidified  $B_4C-TiB_2$  Composites Prepared by a Floating Zone Method / Gunijishma et al. // Materials Transactions 43.4, 2002. – P. 712...720.
2. Loboda P.I. Features of structure formation with zone melting of powder boron-containing refractory materetals // Powder Metallurgy and Metall Ceramics, 2000. – 39, №9-10. – P. 480...486.

**Ковальчук О.Г., Ямшинський М.М., Федоров Г.Є.**

*(НТУУ «КПІ», м. Київ)*

### **ПОВЕРХНЕВЕ ЛЕГУВАННЯ СТАЛЕВИХ ВИЛИВКІВ**

E-mail: alex-kovalchuk@email.ua

Під час експлуатації деталей машин найбільш інтенсивним зовнішнім впливам піддаються поверхневі шари, тому найчастіше структура і властивості саме поверхневих шарів дають змогу визначити вплив на працездатність виробів в цілому.

Для досягнення високої поверхневої міцності і зносостійкості литих деталей в машинобудуванні використовують різні види оброблення: термічне, хіміко-термічне, лазерне тощо, електрохімічні покриття та наплавлення на поверхні виробів металу із спеціальними властивостями. Проте багатьма з цих методів не вдається одержати шар з потрібними властивостями завтовшки більше 0,3 мм, що недостатньо, особливо для тривалої експлуатації крупних деталей. За даними [1] товщина поверхневого шару із спеціальними властивостями має бути не менше 5...10 мм. Наплавленням на поверхні деталі можна одержати шар заданої товщини, але цей процес дуже трудомісткий, дорогий і, крім того, на деяких поверхнях деталей наплавлення металу здійснити практично неможливо.

Для вирішення цієї проблеми перспективними можуть бути способи виробництва виливків із нелегованих сплавів на основі заліза з поверхневим легованим шаром, який утворюється під час формування вилівка в ливарній формі.

Виготовлення деталей поверхневим легуванням призводить до скорочення витрат основних легувальних елементів. Суть цього методу полягає у тому, що на робочі поверхні форми або стрижня при виготовленні виливків, які працюють, наприклад, в умовах інтенсивного зносу, наносять легувальні покриття у вигляді фарб, паст, облицювального шару або використовують вставки, наповнювачами яких є відповідні легувальні елементи або їх суміші. Залитий у форму метал взаємодіє з легувальним покриттям, внаслідок чого поверхня вилівка насичується відповідними елементами із утворенням заданої структури [2].

Для даного способу використовується лиття в піщано-глинясті форми, а більш перспективний у цьому напрямку метод лиття за моделями, що газифікуються (ЛГМ), який дозволяє отримувати високоточні виливки з хорошою чистотою поверхні.

Великий практичний інтерес представляє одержання в процесі лиття дифузійних шарів на основі карбідів бору, титану та бориду титану, що мають високу твердість і зносостійкість. Підвищення працездатності деталей машин і механізмів, їх надійності та довговічності забезпечується оптимізацією технології нанесення легувальних покриттів.

Тому в разі лиття в піщано-глинясту форму необхідно коригувати розміри форми в місцях нанесення легувального покриття. Таких недоліків позбавлений метод ЛГМ, де легувальне покриття наносять на поверхню моделі, що не впливає на розмірну точність одержуваного вилівка і жодного коригування розмірів моделі не вимагається.

Література:

1. Мартюшев Н.В. О возможности легирования поверхности отливок нанопорошками // Современные проблемы науки и образования, 2013. – №4. – С. 22...26.
2. Гурьев М.А., Фильчаков Д.С., Гармаева И.А. Технология нанесения многокомпонентных упрочняющих покрытий на стальные детали // Ползуновский вестник, 2012. – №1. – С. 73...78.

**Косинская А.В., Затуловский А.С., Костенко А.Д., Набока Е.А.**  
**(ФТИМС НАН Украины, г. Киев)**

## **СТРУКТУРА БИНАРНЫХ СПЛАВОВ Al-Cr И ИХ ИЗНОСОСТОЙКОСТЬ**

Передовые промышленно развитые страны мира в настоящее время сконцентрировали свои усилия в направлении синтеза алюмоматричных композиционных материалов. Роль армирующего элемента в ряде таких композитов играют выделяющиеся интерметаллиды. Формирование их происходит в результате реакций между металлическим расплавом основы и реакционноактивными добавками металлов. К реакционноактивным добавкам относится хром. Характер его взаимодействия с алюминием такой, что уже при наличии в бинарном сплаве в количестве, не намного превышающем предельную растворимость, появляются первичные кристаллы интерметаллида  $\text{CrAl}_7$ . Бинарные сплавы на основе алюминия, легированные хромом, были выбраны в качестве объектов настоящих исследований.

Компонентами при плавлении служили алюминий технической чистоты (А6) и сплавленная лигатура с 4,2...4,8 масс. % Cr. Сплавы готовили в печи электросопротивления. После расплавления и достижения температуры 860 °С расплав выдерживали 10...20 мин, а затем заливали в графитовые формы, которые остывали на воздухе.

Были выплавлены и исследованы сплавы, содержащие (масс. % Cr): №1 – 0,11...0,20; №2 – 1,65...1,83; №3 – 3,46...3,60.

Проведенные исследования позволили установить, что в зависимости от количества вводимой добавки к алюминию, изменяется структура сплавов и форма образующихся включений интерметаллидов. Это оказывает влияние на изнашиваемость материалов. В зависимости от содержания хрома в сплаве, это влияние различно. Характерным для сплавов состава №1 является образование точечных и мелкоигольчатых (размером 1...2 мкм) кристаллов  $\text{CrAl}_7$  по границам и внутри дендритов  $\alpha$ -фазы, что определяет показатели ее микротвердости. При испытаниях, проведенных при скорости ( $v$ ) 0,5 м/с, образцы имели наибольшие показатели износа – 83 мкм/км. Микротвердость  $\alpha$ -фазы такого сплава составляет 21,2 кг/мм<sup>2</sup>. По мере увеличения процента вводимого хрома, количество образующихся включений интерметаллидов возрастает. Повышается микротвердость  $\alpha$ -фазы и снижаются показатели интенсивности изнашивания ( $I$ ). Например:  $H_{\mu} \alpha(\text{Al}) = 33,7 \text{ кг/мм}^2$ ,  $I = 57 \text{ мкм/км}$ ;  $H_{\mu} \alpha(\text{Al}) = 41,4 \text{ кг/мм}^2$ ,  $I = 48 \text{ мкм/км}$ . При повышении скорости скольжения до 1 м/с образцы теряют форму. Наблюдается перекосяк и схватывание их с контртелом.

В образцах состава №2 на фоне  $\alpha$ -фазы, имеющей  $H_{\mu} = 15...16 \text{ кг/мм}^2$ , формируются отдельные круглые (от 50 до 1000 мкм) хаотично расположенные кристаллы интерметаллида. Материалы такого строения характеризуются высоким износом, а образцы при трении схватываются с контртелом.

Наилучшие показатели износа были получены при испытаниях сплава состава №3. Образцы, содержащие 3,46...3,60 масс. % Cr, структурно представляют собой классический композит, в котором, на фоне  $\alpha$ -фазы ( $H_{\mu} = 18,7 \text{ кг/мм}^2$ ) микрокристаллического строения присутствуют скелетные кристаллы алюминида хрома, размером 20...100 мкм. Количество их достигает 5...7%. Располагаются они компактно. По данным микрорентге-