

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
„КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО”

ІНЖЕНЕРНО-ФІЗИЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ



НОВІ МАТЕРІАЛИ І ТЕХНОЛОГІЇ  
В МАШИНОБУДУВАННІ

МАТЕРІАЛИ

XII Міжнародної науково-технічної конференції

Присвячено **95-річчю**  
**Кафедри ливарного виробництва**  
**чорних і кольорових металів**

Україна, Київ

2020

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
„КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО”

ІНЖЕНЕРНО-ФІЗИЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ



НОВІ МАТЕРІАЛИ І ТЕХНОЛОГІЇ  
В МАШИНОБУДУВАННІ

МАТЕРІАЛИ

ХІІ Міжнародної науково-технічної конференції

Присвячено **95- річчю**  
**Кафедри ливарного виробництва**  
**чорних і кольорових металів**

Україна, Київ

2020

УДК 621.74-027.31(082)

ББК 34.61я43

Н73

Рекомендовано до друку вченою радою ІФФ КПІ ім. Ігоря Сікорського  
Протокол № 05/20 від 18.05.2020 р.

У збірнику представлено матеріали, які висвітлюють актуальні проблеми ливарного виробництва: розроблення прогресивних ресурсозаощадних технологій, одержання литих виробів із різних металів і сплавів у разових ливарних формах і спеціальними способами лиття, фізико-хімічні основи технології металів і сплавів, теорії кристалізації і твердіння виливків, розроблення і використання перспективних формувальних матеріалів і сумішей, сучасні технології виготовлення ливарних форм і стрижнів, моделювання технологічних процесів ливарного виробництва.

XII Міжнародна науково-технічна конференція «Нові матеріали і технології в машинобудуванні-2020»: матеріали науково-технічної конференції, 28...29 квітня 2020 р., м. Київ / загальна редакція Р. В. Лютий, І. М. Гурія. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 158 с.

Відповідальність за інформацію у наданих матеріалах несуть автори.

Технічний редактор: М. М. Ямшинський

Комп'ютерна верстка: І. В. Лук'яненко

УДК 621.74-027.31(082)

ББК 34.61я43

ISSN 2524-0544

© КПІ ім. Ігоря Сікорського, ІФФ, 2020

## **ПРОГРАМНИЙ КОМІТЕТ**

Голова – Ямшинський М.М., д.т.н., доцент, завідувач кафедри ЛВЧКМ, КПІ ім. І. Сікорського

Шинський О.Й., д.т.н., проф., Президент Асоціації ливарників України, м. Київ

Дібров І.А., д.т.н., проф., Президент Російської асоціації ливарників, м. Москва

Савенок А.Н., Ген. директор РУП "БМЗ", Голова Білоруської асоціації ливарників, м. Мінськ

Одарченко І.Б., к.т.н., доцент, декан Механіко-технологічного факультету, ГТТУ імені П.О. Сухого, м. Гомель

Ніколайчик Ю.А., к.т.н., доцент, зав. кафедрою МТЛП, БНТУ, м. Мінськ

Луньов В.В., д.т.н., проф., директор фізико-технічного інституту, НУ «Запорізька політехніка»

Верховлюк А.М., д.т.н., проф., заст. директора ФТІМС НАН України, м. Київ

Пономаренко О.І., д.т.н., проф., віце-президент Асоціації ливарників України

Фесенко А.Н., к.т.н., проф., перший проректор ДДМА, м. Краматорськ

Бурбелко А., проф. AGH University of Science and Technology, м. Краків (Польща)

Дашич Предраг, проф. Вищої технічної школи, м. Трстенец (Сербія)

Бер Рюдігер, проф., зав. кафедрою ЛВі ОМТ Університету ім. Отто фон Геріке, м. Магдебург (Німеччина)

Лисенко Т.В., д.т.н., проф., зав. кафедрою ТУЛП, ОНПУ, м. Одеса

Хричиков В.Є., д.т.н., проф., зав. кафедрою ЛВ, НМетАУ, м. Дніпро

Турчанін М.А., д.х.н., проф., Проректор з наукової роботи, управління розвитком і міжнародних зв'язків ДДМА, м. Краматорськ

Затуловський А.С., д.т.н., проф., ФТІМС НАН України, м. Київ

Фесенко М.А., к.т.н., доцент – вчений секретар, кафедра ЛВЧКМ, КПІ ім. І. Сікорського

Федоров Г.Є., к.т.н., доцент, кафедра ЛВЧКМ, КПІ ім. І. Сікорського

Сиропоршнев Л.М., к.т.н., доцент, кафедра ЛВЧКМ, КПІ ім. І. Сікорського

Гурія І.М., к.т.н., доцент, кафедра ЛВЧКМ, КПІ ім. І. Сікорського

Могилатенко В.Г., д.т.н., проф., кафедра ЛВЧКМ, КПІ ім. І. Сікорського

Кочешков А.С., к.т.н., доцент, кафедра ЛВЧКМ, КПІ ім. І. Сікорського

Шейко О.І., к.т.н., доцент, кафедра ЛВЧКМ, КПІ ім. І. Сікорського

Лютий Р.В., к.т.н., доцент, кафедра ЛВЧКМ, КПІ ім. І. Сікорського

Самарай В.П., к.т.н., доцент, кафедра ЛВЧКМ, КПІ ім. І. Сікорського

## **ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ КОМІТЕТ**

Лук'яненко І.В., кафедра ЛВЧКМ, КПІ ім. Ігоря Сікорського

Ковальчук О.Г. кафедра ЛВЧКМ, КПІ ім. Ігоря Сікорського

<b>МЕТАСТАБИЛЬНИМ АУСТЕНИТОМ В ЗАВИСИМОСТІ ОТ УСЛОВИЙ АБРАЗИВНОГО ИЗНАШИВАНИЯ .....</b>	<b>94</b>
<i>Малинов Л.С. (ГВУЗ «ПГТУ», г. Мариуполь) ПОЛУЧЕНИЕ В СТАЛЯХ МНОГОФАЗНОЙ СТРУКТУРЫ С МЕТАСТАБИЛЬНИМ АУСТЕНИТОМ НЕТИПОВОЙ СТУПЕНЧАТОЙ ЗАКАЛКОЙ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ СВОЙСТВ.....</i>	<b>95</b>
<i>Малинов Л.С. (ГВУЗ «ПГТУ», г. Мариуполь) ТЕХНОЛОГИИ ДИФФЕРЕНЦИРОВАННОЙ ОБРАБОТКИ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИЕ РЕСУРСО- И ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ ЗА СЧЕТ СОЗДАНИЯ В СПЛАВАХ МАКРОСКОПИЧЕСКИХ ГРАДИЕНТОВ СТРУКТУРНО-ФАЗОВЫХ СОСТОЯНИЙ.....</i>	<b>96</b>
<i>Мамишев В. А., Шинский О. И., Соколовская Л. А. (ФТИМС НАН Украины, г. Киев) СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД К ИССЛЕДОВАНИЮ ВЛИЯНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ НА КАЧЕСТВО ЛИТЬЯ.....</i>	<b>98</b>
<i>Миронов А.О., Кочешков А.С. (КПІ ім. Ігоря Сікорського, м. Київ) ТИТАН - ЮВЕЛІРНИЙ МЕТАЛ.....</i>	<b>100</b>
<i>Мініцький А.В., Радчук С.В., Мініцька Н.В., Соліляк Ю.В. (КПІ ім. Ігоря Сікорського, м. Київ) СТВОРЕННЯ КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ НА ОСНОВІ ПОРИСТИХ КАРКАСІВ ІЗ ВІДХОДІВ МЕТАЛООБРОБКИ, ПРОСОЧЕНИХ АЛЮМІНІЄМ.....</i>	<b>104</b>
<i>Мовчан А.В., Черноиваненко Е.А. (НМетАУ, г. Днепр) ВЛИЯНИЕ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОГО ОТЖИГА НА КАРБИДНУЮ ФАЗУ БЫСТРОРЕЖУЩИХ СТАЛЕЙ.....</i>	<b>105</b>
<i>Наконечный С.О., Гущик Д.В., Літвінова О.А., Юркова О.І., Білик І.І. (КПІ ім. Ігоря Сікорського, м. Київ) ВПЛИВ ТЕМПЕРАТУРИ НА ПРОЦЕС ХОЛОДНОГО ГАЗОДИНАМІЧНОГО НАПИЛЕННЯ ВИСОКОЕНТРОПІЙНИХ ПОКРИТТІВ .....</i>	<b>106</b>
<i>Омельяненко Ю.Ю. (КПІ ім. Ігоря Сікорського, м. Київ) ДИСТАНЦІЙНЕ НАВЧАННЯ В УМОВАХ КАРАНТИНУ.....</i>	<b>109</b>
<i>Родичев Ю.М., Сорока Е.Б., Хворостяный В.В., Бодунов В.Е., Качинская И.Р. (ИПП имени Г.С. Писаренко НАН Украины, г. Киев) ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ВНЕСЕННОГО ЦАРАПАНИЕМ ПОВЕРХНОСТНОГО ПОВРЕЖДЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СТЕКЛА НА ЕГО ПРОЧНОСТЬ ПРИ ИЗГИБЕ .....</i>	<b>110</b>
<i>Смирнов А.Н., Лысенко Т.В., Васильев Д.И. (ОНПУ, г. Одесса) ПРИЧИНЫ ВЫХОДА ИЗ СТРОЯ ГИЛЬЗ КРИСТАЛЛИЗАТОРОВ МНЛЗ.....</i>	<b>111</b>
<i>Солоненко Л.И.<sup>1</sup>, Репях С.И.<sup>2</sup>, Усенко Р.В.<sup>2</sup>, Бежанова А.Н.<sup>1</sup> (<sup>1</sup>ОНПУ, г. Одесса; <sup>2</sup>НМетАУ, г. Днепр) СКЛЕИВАНИЕ БЕЗОПОЧНЫХ ПОЛУФОРМ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА БЕССТЕРЖНЕВЫХ ОТЛИВОК.....</i>	<b>114</b>
<i>Степанчук А.М., Демиденко О.А. (КПІ ім. Ігоря Сікорського, м. Київ) ПРО ПРИРОДУ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПОРОШКОВИХ МАТЕРІАЛІВ НА ОСНОВІ КОМПОЗИЦІЙ ЗАЛІЗО – САМОФЛЮСІВНИЙ СПЛАВ .....</i>	<b>116</b>
<i>Степанчук А.М., Деркач М.О., Ведель Д.В. (КПІ ім. Ігоря Сікорського, м. Київ) ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ КАРБІДІВ ЦИРКОНІУ ТА НІОБІУ У СКЛАДІ КЕРАМІЧНИХ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ ЯДЕРНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ .....</i>	<b>120</b>

**Солоненко Л.И.<sup>1</sup>, Репях С.И.<sup>2</sup>, Усенко Р.В.<sup>2</sup>, Бежанова А.Н.<sup>1</sup>**  
 (<sup>1</sup>ОНПУ, г. Одесса; <sup>2</sup>НМетАУ, г. Днепр)  
**СКЛЕИВАНИЕ БЕЗОПОЧНЫХ ПОЛУФОРМ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА**  
**БЕССТЕРЖНЕВЫХ ОТЛИВОК**

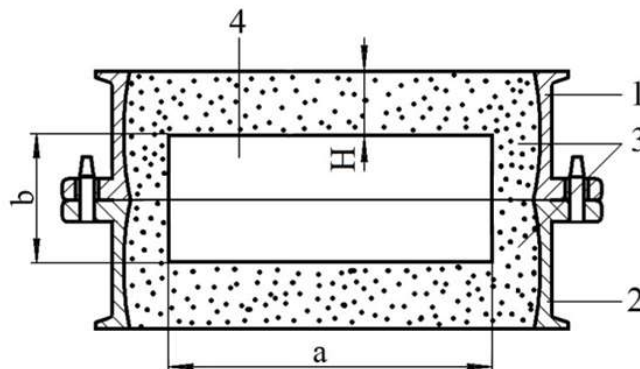
E-mail: solonenkoli14@gmail.com

При производстве отливок перед заливкой полуформы скрепляют между собой скобами, болтами, грузами, зажимами и т. п., либо склеивают между собой. Наиболее простой способ предупреждения ухода расплава из залитой литейной безопочной формы – это скрепление полуформ при помощи грузов.

Массу груза (грузов) в таких случаях для бесстержневых отливок с учетом динамического удара о верхнюю полуформу, заливаемого в неё расплава, рассчитывают по известной формуле:

$$M = k \cdot (H \cdot F \cdot \rho_{Me} - Q), \quad (1)$$

где  $k$  – коэффициент, учитывающий динамический удар расплава при заливке о верхнюю полуформу ( $k = 1,3 \dots 1,5$ );  $H$  – металлостатический напор в форме, м (см. рис. 1);  $F$  – площадь горизонтальной проекции отливки на верхней полуформе, м<sup>2</sup>;  $\rho_{Me}$  – плотность жидкого металла в форме, кг/м<sup>3</sup>;  $Q$  – масса верхней полуформы, кг.



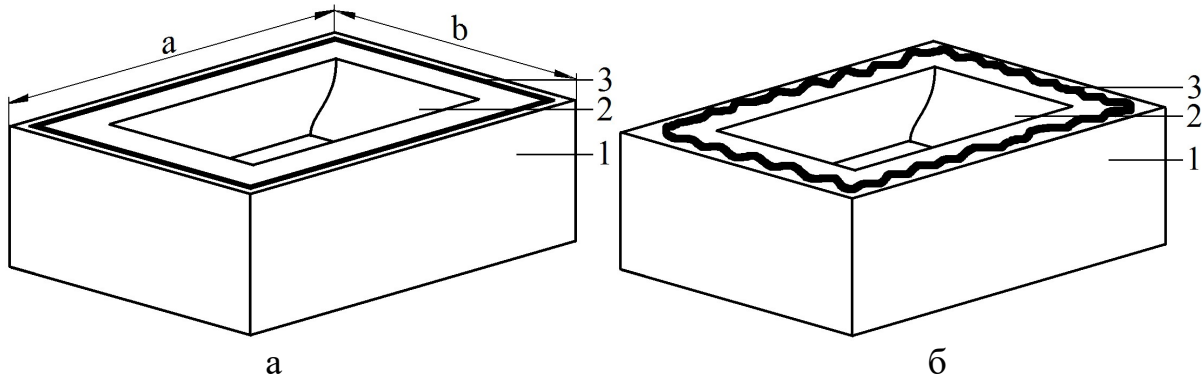
1 – верхняя опока; 2 – нижняя опока; 3 – полуформа; 4 – отливка  
 Рис. 1. Схема для расчета массы груза для бесстержневой отливки

Величину прочности клеевого соединения ( $\sigma_{PKC}$ ) при растяжении рассчитывали по формуле:

$$\sigma_{PKC} = \frac{M}{F_{KC}}, \quad (2)$$

где  $F_{KC}$  – площадь клеевого соединения, см<sup>2</sup>.

Площадь поверхности клеевого соединения ( $F_{KC}$ ) рассчитывали, как периметр нанесенного шва  $2 \times (a+b)$ , умноженный на его ширину –  $h$  (см. рис. 2, а). В случае недостаточной прочности клеевого соединения следует использовать зигзагообразный характер нанесения клеевого шва, что схематично представлено на рис. 2, б.



1 – форма; 2 – полость отливки; 3 – клевой шов

Рис. 2. Схема нанесения прямолинейного (а) и зигзагообразного (б) клеевого шва на сопрягающиеся части полуформ

С учётом формул (1) и (2), приняв в формуле (1) величину массы верхней полуформы равной нулю, что допустимо как для оболочковых, так для малых и средних моноблочных (набивных, наливных, насыпных) форм, и величину коэффициента  $k = 1,5$ , прочность клеевого соединения рассчитывали по формуле:

$$\sigma_{PKC} = \frac{k \cdot (H \cdot F \cdot \rho_{Me})}{2h \cdot (a + b)}, \quad (3)$$

где  $h$  – ширина клеевого шва, см;  $a, b$  – размеры полуформы в проекции, см.

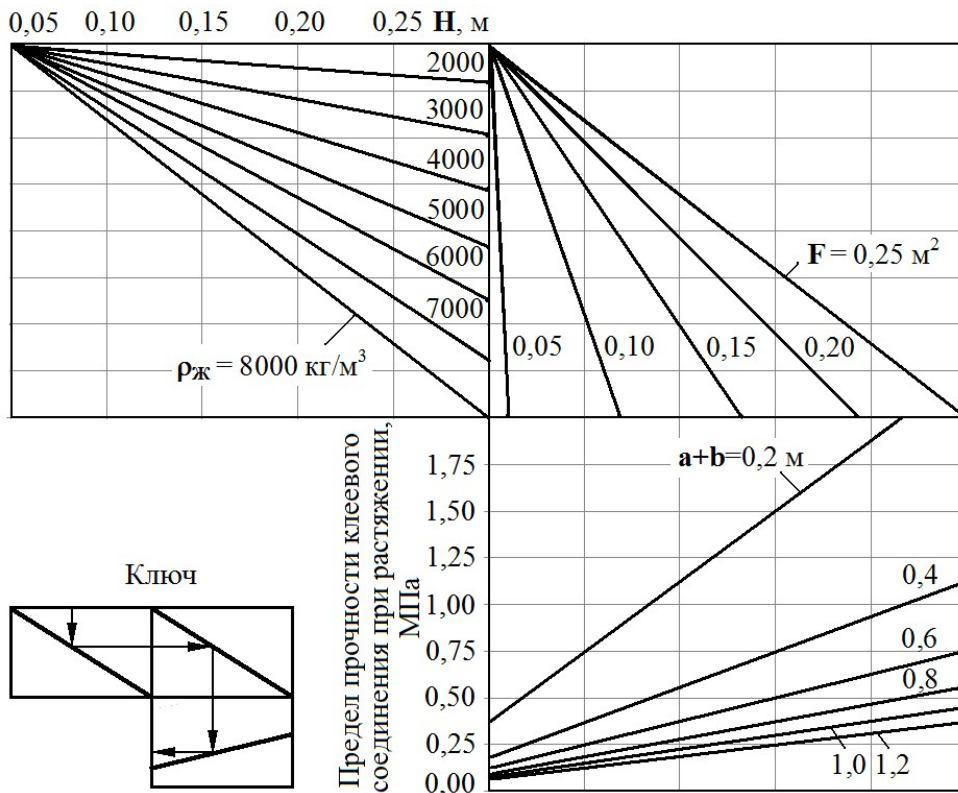


Рис. 3. Номограмма для определения минимально допустимой прочности при растяжении клеевого соединения для форм без стержней

Используя формулу (3), построили номограмму для определения величины минимально допустимой прочности клеевого соединения при растяжении бесстержневых форм, представленную на рис. 3.

Используя формулу (3) или номограмму на рис. 3, можно в первом приближении определить величину минимально допустимого предела прочности при растяжении клеевого соединения, которая позволит обеспечить целостность залитой расплавом формы.

**Степанчук А.М., Демиденко О.А.**

*(КПІ ім. Ігоря Сікорського, м. Київ)*

### **ПРО ПРИРОДУ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПОРОШКОВИХ МАТЕРІАЛІВ НА ОСНОВІ КОМПОЗИЦІЙ ЗАЛІЗО – САМОФЛЮСІВНИЙ СПЛАВ**

E-mail: [astepanchuk@iff-kpi.kiev.ua](mailto:astepanchuk@iff-kpi.kiev.ua)

Тепер у світі знаходять широке застосування порошкові матеріали конструкційного призначення на основі високолегованих сплавів на основі заліза [1-3], які можуть працювати в екстремальних умовах дії абразивів, лугів і кислот і високих навантажень. До таких матеріалів також можна віднести композиційні матеріали на основі заліза, легованого самофлюсівними сплавами (СФС) [4], які у свою чергу є складнолегованими сплавами і вміщують Ni, Fe, Cr, C, B, Si, Mo. Виготовлення виробів з таких матеріалів проводять шляхом пресування з наступним спіканням отриманих заготовок в різних середовищах, пресуванням пористих заготовок з наступним їх просоченням та гарячим штампуванням [5], [6]. При цьому властивості отриманих матеріалів в основному залежать від їх складу та структури [6]. Звичайно отримані за оптимальних умов матеріали мають пористість, яка не перевищує 2%. Структура матеріалу складається з двох фаз (рис. 1) – зерен заліза (світла фаза) та фази самофлюсівного сплаву (темна фаза), яка може утворювати суцільне мереживо навколо зерен заліза. Структура змінюється залежно від вмісту самофлюсівного сплаву та методу отримання матеріалу [6].

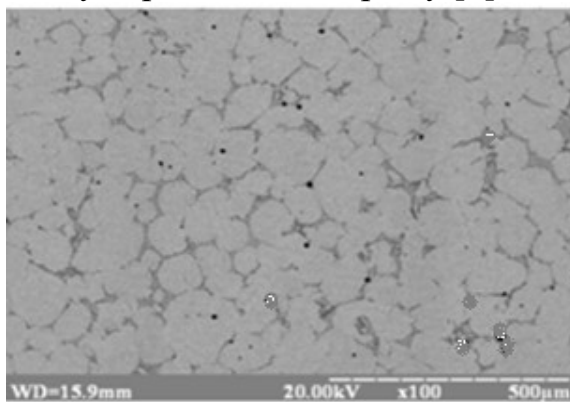


Рис. 1. Структура порошкового композиційного матеріалу з композицій залізо – самофлюсівний сплав на основі заліза

В наших роботах показано, що механічні властивості матеріалів (твердість (HRC), міцність на згин ( $\sigma_{зг}$ ), міцність на розтягування ( $\sigma_{в}$ ) залежать від пористості матеріалу та вмісту самофлюсівного сплаву. Твердість змінюється в межах від 20...22 до 46...52 HRC. При цьому вона збільшується зі збільшенням вмісту в матеріалі самофлюсівного сплаву від 10% до 50%. Основ-