



ПОВЕДЕНИЕ ЧАСТИЦ НЕКОМПАКТНОЙ ПРИСАДКИ НА ГРАНИЦЕ ВОЗДУХ–ШЛАК ПРИ ЭЛЕКТРОШЛАКОВОЙ НАПЛАВКЕ

О. Г. КУЗЬМЕНКО, канд. техн. наук (Ин-т электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины)

Приведены данные о поведении частиц некомпактных материалов (стружка и дробь) на поверхности шлаковой ванны при электрошлаковой наплавке. Определены условия закрепления этих частиц на межфазной границе воздух–шлак. Показано, что дробь хромистого чугуна диаметром до 2,3 мм и стружка инструментальной стали 5ХНМ толщиной до 2,7 мм (закрепление наибольшей гранью) или до 0,6 мм (закрепление наименьшей гранью) могут плавать на поверхности шлаковой ванны.

Ключевые слова: электрошлаковая наплавка, некомпактные материалы, шлаковая ванна, металлическая ванна, межфазная граница

Длительное время при использовании электрошлаковых процессов, в частности электрошлаковой наплавки (ЭШН), применяют некомпактные материалы (НМ) в виде дроби [1, 2], стружки [2–4], сечки проволоки [1, 2] или иных частиц [3, 5].

Существенной особенностью ЭШН НМ является то, что частицы НМ могут некоторое время находиться на поверхности шлаковой ванны, не погружаясь в нее [1, 3, 4, 6]. С одной стороны, это может привести к их окислению и нарушению электрошлакового процесса [3, 6], а с другой — нагрев частиц на поверхности шлаковой ванны способствует быстрому плавлению образующегося на них гарнисажа [7], что снижает опасность засорения наплавленного металла шлаковыми включениями и образования других дефектов.

В литературе этот вопрос практически не нашел отражения. Имеющиеся публикации малочисленны и относятся к случаю пребывания на поверхности шлака жидких металлических капель [8] и частиц медного штейна [9], а также к плавлению металлических тел в железоуглеродистых расплавах [10]. Следует отметить, что в работах [8, 10] принято допущение об абсолютной несмачиваемости плавающих частиц, чего в реальных процессах не зафиксировано [11, 12].

Цель настоящей работы заключалась в проведении аналитической оценки поведения частиц НМ на поверхности шлаковой ванны при условиях, близких к таковым в реальных электрошлаковых процессах. Анализ поведения частиц НМ на поверхности шлаковой ванны был выполнен применительно к частицам в виде шара (аналог дроби) и прямоугольной пластины (стружка), наиболее часто применяемым в ЭШН НМ [2, 5]. Предлагаемый способ можно использовать для оценки поведения частиц другой формы.

Как указывалось выше, при попадании на границу раздела воздух–шлаковый расплав частицы НМ некоторое время могут плавать на ее по-

верхности. В это время происходит сложное тепловое и гидродинамическое взаимодействие частиц со шлаковым расплавом, заключающееся в нестационарном движении частиц в шлаке, образовании на их поверхности гарнисажа и его последующего расплавления, в нагреве частицы за счет тепла расплавленного шлака. При этом плотность системы частица–гарнисаж и краевой угол смачивания поверхности частицы расплавом непрерывно изменяются.

В настоящей работе рассматриваются частицы, которые не перемещаются по поверхности шлакового расплава, а находятся на его поверхности до полного расплавления гарнисажа. При температуре расплавления гарнисажа краевой угол смачивания шлаком твердой поверхности металла θ будет составлять менее $\pi/2$ [12, 13].

Поскольку плотность частиц НМ $\rho_{НМ}$ больше плотности шлака $\rho_{Ш}$, то они могут удерживаться на поверхности шлакового расплава только силами

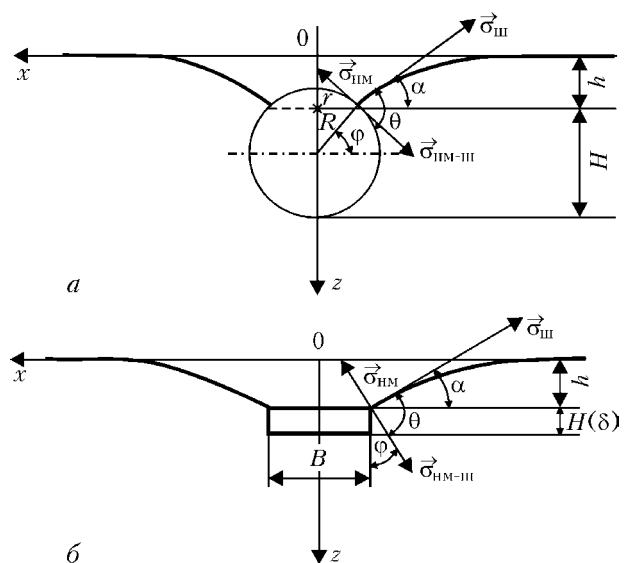


Рис. 1. Схема расположения частиц НМ на поверхности шлаковой ванны и направление векторов поверхностного натяжения на границе фаз: a — шар; b — пластина; $\sigma_{Ш}$ — поверхностное натяжение на границе НМ–воздух; $\sigma_{НМ-Ш}$ — поверхностное натяжение на границе НМ–шлак (остальные обозначения см. в тексте)

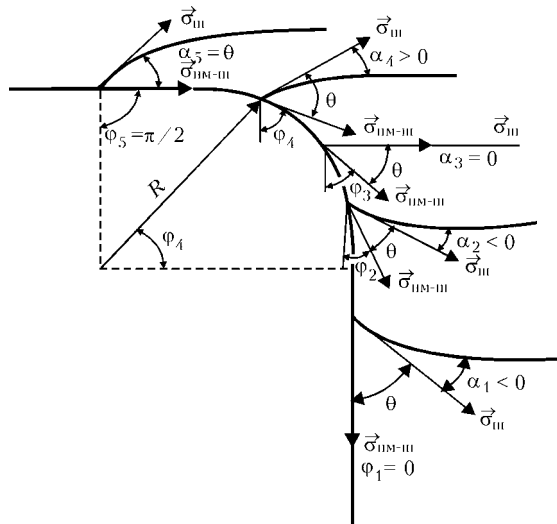


Рис. 2. Перемещение периметра смачивания через зону ребер частиц НМ, имеющих плоские грани ($\alpha_1 \dots \alpha_5, \varphi_1 \dots \varphi_5$ — изменение углов α и φ при погружении частицы НМ в шлак)

поверхностного натяжения [11, 13]. При этом вертикальная составляющая сил поверхностного натяжения (рис. 1) равна [11]

$$F_{\sigma_z} = l\sigma_{\text{ш}} \sin \alpha, \quad (1)$$

где l — длина периметра смачивания; $\sigma_{\text{ш}}$ — поверхностное натяжение шлака; $\alpha = \theta + \varphi - \pi/2$ — угол наклона поверхности шлака к горизонту у периметра смачивания; θ — гистерезисный (или в частном случае равновесный) краевой угол смачивания; φ — угол формы частицы.

Как утверждается в работах [1, 10], на удержание твердых тел различной формы на поверхности расплавов существенное влияние оказывает характер смачивания. В указанных работах отмечается, что удержание твердых пластин на поверхности расплавов возможно лишь в случае отрицательного смачивания ($\theta > \pi/2$). Однако этот вопрос носит дискуссионный характер. При проведении экспериментов по переплаву стружки штамповых сталей (ДИ-22, 5ХНМ) [4] и отходов ножовочных полотен (сталь РЗМЗФ2) [5] в шлаке системы $\text{CaF}_2\text{--Al}_2\text{O}_3\text{--CaO--SiO}_2$ нами замечено, что частицы в форме пластинок продолжают плавать в шлаковом расплаве даже при нагреве их поверхности до температуры солидуса переплавляемого материала. При этом имеет место положительное смачивание ($\theta < \pi/2$).

На основе данных работ [13, 14] процесс закрепления частиц, имеющих плоские грани, на поверхности шлаковой ванны при $\theta < \pi/2$ можно представить следующим образом (рис. 2).

Сначала при попадании частицы НМ на поверхность шлаковой ванны вектор поверхностного натяжения $\sigma_{\text{ш}}$, направленный вниз под углом θ к боковой грани частицы, способствует ее погружению. В результате частица начинает погружаться в расплав и периметр смачивания перемещается с ее боковых граней в зону верхних ребер (участки поверхности частицы, отстоящие от ребра на расстоянии, равное радиусу действия молекулярных

сил). Здесь вектор $\sigma_{\text{ш}}$ меняет направление и при $\theta + \varphi > \pi/2$ будет направлен вверх под некоторым углом α к горизонту, содействуя закреплению частиц на поверхности шлаковой ванны.

Переход периметра смачивания через зону ребра можно рассматривать как перемещение по криволинейной поверхности с очень малым радиусом кривизны, соизмеримым с радиусом действия молекулярных сил. При этом угол α и определяемая им сила F_{σ_z} будут возрастать. В момент перед затоплением частицы периметр смачивания будет проходить в зоне ребер по верхней грани, вследствие чего угол φ становится равным $\pi/2$, а угол α достигает своего максимального значения, т. е. гистерезисного угла смачивания θ .

Отсюда следует, что закрепление на поверхности шлаковой расплава частиц с плоскими гранями может происходить при достаточно малых краевых углах. Для частиц, падающих на границу раздела воздух–шлаковый расплав под углом или малой гранью, вероятность закрепления на границе меньше, чем для частиц, падающих на поверхность раздела одной из больших граней.

Для тел с криволинейной поверхностью направление действия поверхностных сил также меняется по мере погружения и способствует их выталкиванию при $\theta < \pi/2$ [15]. Однако условия закрепления таких частиц на границе раздела менее благоприятные, так как в этом случае максимальный угол φ всегда меньше $\pi/2$. Положение частицы на поверхности раздела (рис. 1) определяется углом φ , характеризующим положение периметра смачивания на поверхности частицы, и высотой h , равной смещению поверхности шлака по вертикали в точке 0.

Цель анализа состоит в определении зависимости угла φ (или α) от радиуса R (или толщины δ) частицы и краевого угла смачивания θ , а также максимальных размеров плавающих частиц.

Шар. На плавающий в шлаке шар радиусом R действуют силы

$$\text{тяжести: } \mathbf{P} = V\rho_{\text{нм}}\mathbf{g} = \frac{4}{3}\pi R^3\rho_{\text{нм}}\mathbf{g};$$

$$\begin{aligned} \text{Архимеда: } \mathbf{F}_A &= V_c\rho_{\text{ш}}\mathbf{g} = \pi H^2(R - \frac{H}{3})\rho_{\text{ш}}\mathbf{g} = \\ &= \frac{1}{3}\pi R^3(1 + \sin \varphi)^2(2 - \sin \varphi)\rho_{\text{ш}}\mathbf{g}; \end{aligned}$$

гидростатического давления (часть архимедовой силы, определяемой разностью уровней периметра смачивания и поверхности шлака):

$$\mathbf{F}_p = \pi r^2 h \rho_{\text{ш}} \mathbf{g} = \pi R^2 h \rho_{\text{ш}} \mathbf{g} \cos^2 \varphi;$$

поверхностного натяжения:

$$\mathbf{F}_\sigma = 2\pi r \sigma_{\text{ш}} = 2\pi R \sigma_{\text{ш}} \cos \varphi,$$

где V — объем шара; V_c и $H = R(1 + \sin \varphi)$ — соответственно объем и высота заглубленного сегмента; $r = R \cos \varphi$ — радиус его основания; g — ускорение свободного падения.

При $R \ll a$, что соответствует радиусу дроби, применяемой для ЭШН НМ, можно определить



величину h , воспользовавшись выражением, приведенным в работе [15]:

$$h = -R \cos \varphi \operatorname{tg} \alpha \left(\ln \frac{R \cos \varphi}{2a} + \gamma \right),$$

где $a^2 = \sigma_{\text{ш}} / \rho_{\text{ш}} g$ — капиллярная постоянная шлака; $\gamma = 0,5772$ — постоянная Эйлера.

Условием равновесия частиц на границе раздела воздух–шлаковый расплав является равенство нулю значения суммы проекций действующих сил на вертикальную ось. При этом, если составляющая вектора силы направлена вверх, то проекцию считаем положительной, а если вниз — отрицательной. Таким образом, после соответствующих преобразований можно записать

$$R^2 \left[(1 + \sin \varphi)^2 (2 - \sin \varphi) + 3 \left(\ln \frac{R \cos \varphi}{2a} + \gamma \right) \cos^3 \varphi \right] \times \operatorname{ctg} (\theta + \varphi) - 4 \frac{\rho_{\text{НМ}}}{\rho_{\text{ш}}} - 6a^2 \cos \varphi \cos (\theta + \varphi) = 0. \quad (1)$$

Решение трансцендентного уравнения (1) относительно φ в явном виде получено быть не может, однако определение R при различных φ не вызывает затруднений.

Максимальному размеру частиц, которые плавают на поверхности шлака, отвечает значение угла φ_{max} . Для его нахождения необходимо приравнять к нулю производную $d(\Sigma F_z) / d\varphi$. Из этого условия определить значение φ_{max} аналитически сложно. Следует заметить, что экстремумы ΣF_z и F_{σ_z} находятся практически при одних и тех же значениях φ , поскольку сила поверхностного натяжения претерпевает наибольшее изменение при затоплении частицы как по значению, так и по направлению. Поэтому необходимое значение определим из условия $dF_{\sigma_z} / d\varphi = 0$ при $d^2 F_{\sigma_z} / d\varphi^2 < 0$. Отсюда

$$\varphi_{\text{max}} = \frac{\pi - \theta}{2}.$$

Подставив значение φ_{max} в уравнение (1), находим выражение для определения максимального радиуса частиц сферической формы, удерживаемых на поверхности шлака:

$$R_{\text{max}}^2 \left[\left(1 + \cos \frac{\theta}{2} \right)^2 \left(2 - \cos \frac{\theta}{2} \right) - 3 \left(\ln \frac{R_{\text{max}} \sin \theta / 2}{2a} + \gamma \right) \sin^3 \frac{\theta}{2} \operatorname{tg} \frac{\theta}{2} - \frac{4\rho_{\text{НМ}}}{\rho_{\text{ш}}} \right] + 6a^2 \sin^2 \frac{\theta}{2} = 0. \quad (2)$$

Таким образом, значение R_{max} зависит от поверхностного натяжения шлака, угла смачивания и плотности контактирующих фаз.

Пластина. На плавающую в шлаке пластину толщиной δ действуют силы тяжести, выталкивающая, гидростатического давления и поверхностного натяжения, имеющие следующие выражения:

$$\mathbf{P} = V_{\text{ш}} \rho_{\text{НМ}} \mathbf{g} = \delta BL \rho_{\text{НМ}} \mathbf{g}; \quad \mathbf{F}_A = V_{\text{ш}} \rho_{\text{ш}} \mathbf{g} = \delta BL \rho_{\text{ш}} \mathbf{g};$$

$$\mathbf{F}_p = S h \rho_{\text{ш}} \mathbf{g} = BL h \rho_{\text{ш}} \mathbf{g}; \quad \mathbf{F}_{\sigma} = 2(B + L) \sigma_{\text{ш}},$$

где $V_{\text{ш}}$ — объем пластины; S — площадь основания; B — ширина; L — длина.

Условия равновесия пластины на поверхности шлака имеют вид

$$\delta BL \rho_{\text{ш}} g + BL h \rho_{\text{ш}} g + 2(B + L) \sigma_{\text{ш}} \sin \alpha - \delta BL \rho_{\text{НМ}} g = 0. \quad (3)$$

В общем случае для подобных по форме частиц при заданном значении a $h = f(L, B, \alpha)$.

Если у переплавляемого материала $B \neq L$ и $B/2 \gg a$, что характерно для основной массы стружки, применяемой при ЭШН НМ [4], то h можно определить, используя формулу (2) приведенную в работе [10]:

$$h = 2a \sin \frac{\alpha}{2}.$$

Тогда выражение (3) после соответствующих преобразований примет вид

$$\delta = \frac{2a \sin \frac{\alpha}{2} \left(m a \cos \frac{\alpha}{2} + 1 \right)}{\rho_{\text{НМ}} / \rho_{\text{ш}} - 1}, \quad (4)$$

где $m = 2(B + L) / BL$ — отношение периметра пластины к площади основания. При $\alpha = \alpha_{\text{max}} = \theta$ по формуле (4) можно определить максимальную толщину пластины, удерживаемой шлаком.

Если для переплавляемого материала $L \gg B$, удобно рассматривать пластину бесконечной длины. В этом случае в выражении (4) $m = 2/B$.

С целью проверки достоверности полученных зависимостей рассмотрим несколько конкретных примеров расчета для электрошлаковых технологий, применяемых в промышленности, где используются НМ.

Электрошлаковая наплавка зернистым присадочным материалом валков горячей прокатки [6]. Наплавочный материал — литая дробь высокохромистого чугуна с плотностью $\rho = 7600 \text{ кг/м}^3$ [16]. Для наплавки используют шлак АН-75 [17], близкий по составу к шлаку АНФ-14. Согласно работе [18], при температуре $1460 \text{ }^\circ\text{C}$ (температура поверхности шлака при данном способе наплавки [6]) шлак АНФ-14 имеет свойства ($\rho_{\text{ш}} = 2650 \text{ кг/м}^3$ и $\sigma_{\text{ш}} = 0,31 \text{ Н/м}$), которые с некоторой долей приближения можно отнести к шлаку АН-75. Краевой угол смачивания поверхности высокохромистого чугуна шлаком АН-75 при $1300 \text{ }^\circ\text{C}$ (температура солидуса чугуна) достигает $42,5^\circ$ [17].

Результаты расчета по формуле (1) значений R для различных углов φ , а также R_{max} по выражению (2) приведены на рис. 3. Согласно данным работы [6], дробь диаметром не более $1,5 \text{ мм}$ (или $R \leq 0,75 \cdot 10^{-3} \text{ м}$) устойчиво плавает на поверхности шлаковой ванны, что достаточно хорошо совпадает с расчетными данными.

Электрошлаковая наплавка стружкой изношенных штампов [5]. Наплавочный материал — стружка штамповой стали 5ХНМ плотностью $\rho_{\text{НМ}} =$

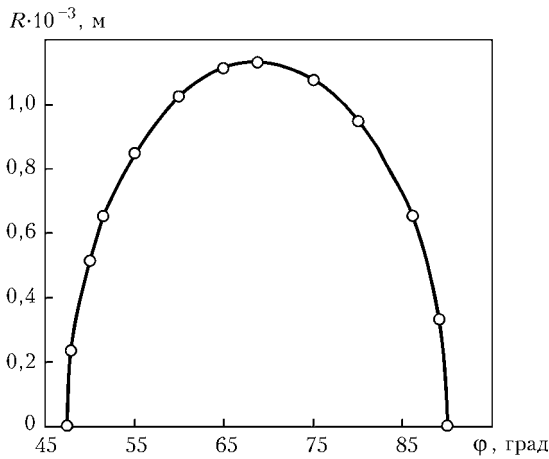


Рис. 3. Зависимость радиуса чугунной дроби, плавающей на поверхности шлака, от угла формы частицы φ

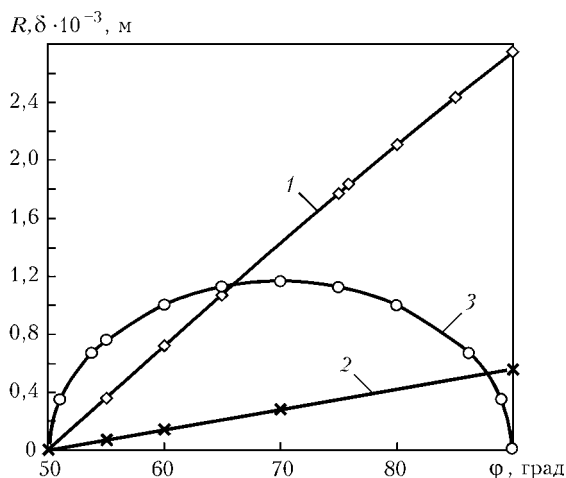


Рис. 4. Зависимость размеров частиц НМ из стали 5ХНМ, плавающих на поверхности шлака, от угла формы φ: 1, 2 — стружка, закрепленная соответственно наибольшей и наименьшей гранью; 3 — дробь

= 7849 кг/м³ [19]. Данные о значениях $\rho_{ш}$ и $\sigma_{ш}$ для шлака АН-15М, используемого при наплавке штампов, в литературе отсутствуют, поэтому воспользуемся данными работы [20] для шлака, близкого по составу к АН-15М, мас. %: CaF₂ 25,0; Al₂O₃ 33,65; CaO 30,85; SiO₂ 10,5. При 1600 °С для этого шлакового расплава $\rho_{ш} = 2660$ кг/м³, $\sigma_{ш} = 0,39$ Н/м. Данных о краевом угле смачивания шлаком АН-15М поверхности стали 5ХНМ также нет. По данным работы [17], при температуре 1300 °С угол смачивания поверхности стали 45 шлаком АНФ-29, близким по составу шлаку к АН-15М, достигает 38,5°. При 1460 °С (температура солидуса стали 5ХНМ [19]) для расчетов принимаем угол θ равным 40°.

При наплавке используют стружку с фрезерных и строгальных станков. Первая имеет вид изогнутых пластинок со следующими размерами: $\delta = (0,3... 1,0) \cdot 10^{-3}$ м, $B = (8,5... 11,0) \cdot 10^{-3}$ м, $L = (16... 20) \cdot 10^{-3}$ м. При падении такой стружки в шлаковый расплав наибольшей гранью расчеты из формулы [17] дают следующие значения для $\delta_{max} = (2,743... 3,130) \cdot 10^{-3}$ м.

В случае падения стружки на наименьшую грань (т. е. ребра длиной L расположены вертикально) $\delta_{max} = (0,555... 0,730) \cdot 10^{-3}$ м.

Стружка строгальных станков имеет вид изогнутых пластинок размерами $\delta = (1,0... 2,5) \cdot 10^{-3}$ м, $B = (11... 13) \cdot 10^{-3}$ м, $L = (20... 50) \cdot 10^{-3}$ м или спиралей длиной $L = (120... 150) \cdot 10^{-3}$ м при аналогичных δ и B . В случае падения стружки в виде изогнутых пластинок на наибольшую грань, согласно расчетам по выражению из работы [17], $\sigma_{max} = (2,310... 2,743) \cdot 10^{-3}$ м. При падении стружки на наименьшую грань $\delta_{max} = (0,206... 0,555) \cdot 10^{-3}$ м.

Вероятность закрепления стружки в виде плоской спирали больше, если она контактирует с поверхностью шлака по всей длине L (т. е. ребра длиной B расположены вертикально). Для данного случая (пластина бесконечной длины, поскольку $L \gg \delta$) $\delta_{max} = (0,845... 1,021) \cdot 10^{-3}$ м.

Таким образом, расчеты показывают, что при наплавке стружка с фрезерных станков практически вся находится на поверхности шлака до подплавления или полного расплавления, а большая часть стружки (особенно спиралевидной) со строгальных станков может погружаться и плавиться под слоем шлака.

В качестве примера на рис. 4 даны расчетные значения толщины плавающей стружки (в виде изогнутой пластинки) размерами $B = 11 \cdot 10^{-3}$ м, $L = 20 \cdot 10^{-3}$ м в зависимости от угла φ. Для сравнения там же приведены данные расчета характеристик равновесного положения на поверхности шлака АН-15М дроби стали 5ХНМ.

Выводы

1. В результате теоретического анализа получены зависимости, описывающие условия пребывания НМ различной формы на поверхности шлака.
2. На основании расчетов по полученным зависимостям применительно к системе твердый металл–шлаковый расплав установлено, что дробь хромистого чугуна диаметром до 2,3 мм и стружка инструментальной стали 5ХНМ толщиной до 2,7 мм (закрепление наибольшей гранью) или до 0,6 мм (закрепление наименьшей гранью) могут удерживаться на поверхности шлаковой ванны. При этом зафиксировано достаточно хорошее совпадение опытных данных с расчетными.

1. *Металлургия электрошлакового процесса* / Б. И. Медовар, А. К. Цыкуленко, В. Л. Шевцов и др. — Киев: Наук. думка, 1986. — 248 с.
2. *Кусков Ю. М., Ксендзык Г. В.* Применение зернистого присадочного материала при электрошлаковой наплавке // *Современные способы наплавки и их применение.* — Киев: ИЭС им. Е. О. Патона, 1982. — С. 62–70.
3. *Лютый И. Ю., Латаш Ю. В.* Электрошлаковая выплавка и рафинирование металлов. — Киев: Наук. думка, 1982. — 188 с.
4. *Носатов В. А., Кузьменко О. Г., Овчинникова Т. Х.* Получение биметаллических заготовок с использованием электрошлакового обогрева переплавом стружки // *Теория и практика процессов получения биметаллических и многослойных отливок.* — Киев: ИПЛ, 1987. — С. 109–113.
5. *Кузьменко О. Г., Носатов В. А.* Получение инструмента и технологической оснастки повышенной работоспособности электрошлаковой наплавкой с использованием отходов инструментального производства // *Металлообработка:*



- Современный инструмент и инструментальные материалы. — Киев: О-во «Знание» Украины, 1996. — С. 29–30.
6. Ксендзык Г. В. Электрошлаковая наплавка зернистым присадочным материалом // Свароч. пр-во. — 1990. — № 11. — С. 2–3.
 7. Численное моделирование движения и нагрева макрохолодильников в шлаковой ванне / В. Ф. Демченко, А. К. Цыкуленко, А. И. Барышев и др. // Автомат. сварка. — 1984. — № 9. — С. 24–28.
 8. Poggi D., Minto R., Davenport W. G. Mechanisms of metal entrapment in slags // J. Metals. — 1969. — 21, № 11. — P. 40–45.
 9. Ванюков А. В., Зайцев В. Я. Шлаки и штейны цветной металлургии. — М.: Металлургия, 1969. — 408 с.
 10. Условия плавления металлических тел в расплавах / В. Я. Бакст, М. Я. Меджибоджеский, Л. И. Тарасюк и др. // Изв. вуз. Черн. металлургия. — 1984. — № 3. — С. 33–37.
 11. Адам Н. К. Физика и химия поверхностей. — М.; Л.: Гостехиздат, 1947. — 552 с.
 12. Попель С. И. Поверхностные явления в расплавах. — М.: Металлургия, 1994. — 432 с.
 13. Зимон А. Д. Адгезия жидкости и смачивание. — М.: Химия, 1974. — 416 с.
 14. Иващенко Ю. М., Єременко В. Н. Основи прецизійного вимірювання поверхньої енергії розплавів за методом лежачої краплі. — К.: Наук. думка, 1972. — 234 с.
 15. Товбин М. В., Чеша И. И., Духин С. С. Исследование свойств поверхностного слоя жидкостей методом плавающей капли // Коллоид. журн. — 1970. — 32, № 5. — С. 771–777.
 16. Лариков Л. Н., Юрченко Ю. Ф. Структура и свойства металлов и сплавов. Тепловые свойства металлов и сплавов: Справочник. — Киев: Наук. думка, 1985. — 440 с.
 17. Кусков Ю. М. Исследование и разработка наплавочных материалов и технологии электрошлаковой наплавки валков горячей прокатки: Дис. ... канд. техн. наук. — Киев, 1979. — 210 с.
 18. Вязкость и поверхностное натяжение некоторых сварочных шлаков / В. И. Голошубов, А. М. Сливинский, Н. И. Конерсак и др. // Автомат. сварка. — 1972. — № 2. — С. 73.
 19. Кушиловский В. В., Крутиков В. К. Литые штампы для горячего объемного деформирования. — Л.: Машиностроение, 1987. — 126 с.
 20. Физические свойства расплавов системы CaO–SiO₂–Al₂O₃–MgO–CaF₂: Справочник / А. А. Акбердин, И. С. Куликов, В. А. Ким и др. — М.: Металлургия, 1987. — 144 с.

Data are given on behaviour of particles of non-compact materials (chips and grit) on the surface of the slag pool in electroslag surfacing. Conditions have been determined for fixation of these particles at the air-slag interface. It is shown that grit of chromium cast iron with a diameter of up to 2.3 mm and chips of tool steel 5KhNM up to 2.7 mm thick (fixation at the biggest side) or up to 0.6 mm thick (fixation at the smallest side) may float on the surface of the slag pool.

Поступила в редакцию 09.02.2004,
в окончательном варианте 23.02.2004



МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА ПОКРЫТИЯ И ОБРАБОТКА ПОВЕРХНОСТИ

15–17 марта 2005 г.

г. Москва
Центр международной торговли

В предыдущей выставке (11–13 мая 2004 г.) приняли участие более 80 компаний из 12 стран, включая 15 иностранных компаний, выбравших обработку поверхности как платформу для выхода на российский рынок. Выставка прошла при поддержке Министерства промышленности, науки и технологий РФ, правительства Москвы, Министерства экономического развития РФ, Российского союза производителей и предпринимателей и Общества производителей нефтегазового оборудования.

Выставка обработка поверхности хорошо известна иностранным специалистам, она рекламируется в 9 ведущих международных журналах и на крупнейших иностранных выставках.

Организаторы: ООО «Примэкспо».
Тел: +7(812) 380 60 02
Факс: +7(812) 380 60 01
E-mail: coating@primexpo.ru
www.primexpo.ru/coating