

ВИЗНАЧЕННЯ ПРИФЕРЕНЦІЙНОГО СПОСОБУ ВИГОТОВЛЕННЯ ВИРОБІВ З МЕТАЛІВ І СПЛАВІВ

Кімстач Т.В.^{1,2}, Узлов К.І.³, Реп'ях С.І.³, Білий О.П.¹

¹Український державний університет науки і технологій, к.т.н., доцент, Україна

²Інститут чорної металургії ім. З. І. Некрасова НАНУ, Україна

³Український державний університет науки і технологій, д.т.н., професор, Україна

Анотація. *За результатами аналізу сучасних та відомих критеріїв прогнозування придатності сплавів для виготовлення з них виробів деформуванням або литтям розроблено безрозмірні параметричні критерії та їх кількісні шкали. Використання цих критеріїв дозволить підвищити точність прогнозування їх преференційної придатності до виготовлення з них виробів деформацією або литвом. Для розробки безрозмірних параметричних критеріїв використано феноменологічний підхід до інтерпретації результатів системного аналізу механічних та окремих ливарних властивостей металів і сплавів в умовах невизначеності із запозиченням літературних довідкових даних, результатів експертних оцінок та власних досліджень. Отримані результати дозволять на початкових етапах розробки нових сплавів або технологій виготовлення з них виробів проводити прогнозування доцільності обробки металів та сплавів тиском або литтям безвідносно від їх виду та способу, що заощадить час та витрати як на розробку сплаву, так і на його впровадження у виробництво.*

Ключові слова: *сплав, усадка, деформація, литво, міцність, критерій, структура.*

Вступ. На сьогодні в патентах на винахід багатьох країн світу їх автори пропонують безліч сплавів, які, за розумінням їх винахідників, придатні до застосування у виробництві виробів шляхом лиття або/та деформації. Тим не менше, такі пропозиції розробників сплавів не завжди збігаються з реальним станом справ, а їх рекомендації щодо способів обробки запатентованих сплавів часто бувають хибними. Виходячи з цього, на будь якому підприємстві до використання будь якого металу або сплаву виконують їх первинне оцінювання з точки зору його можливості деформаційної або ливарної обробки.

Проводячи первинне оцінювання можливості деформаційної або ливарної обробки будь якого металу та сплаву, як правило, виходять із вимог до якості та

собівартості кінцевого виробу і продуктивності процесу. На основі цього аналізу приймають попереднє рішення щодо можливості та доцільності обробки даного металу або сплаву будь яким способом.

Зокрема, показником придатності сплаву до деформаційної обробки на попередньому етапі його оцінювання є максимальна величина пластичної деформації при якій тіло, що деформують, зберігає свою зовнішню цілісність. Для такого оцінювання, як правило, в цехах обробітки металів тиском (ОМТ) експериментально визначають величину безпечних ступенів деформації сплаву при різних температурах, величинах осаду і швидкостях його деформації тим чи іншим способом. Тим не менш, для визначення основних параметрів технологічного процесу обраного способу ОМТ таких даних не завжди достатньо оскільки пластичність будь-якого матеріалу залежить від багатьох факторів в числі яких: спосіб деформування, фазовий склад сплаву, розмір литого зерна заготовки та тип його кристалічної решітки, температура та швидкість деформування, величина разового осаду заготовки, тощо.

З викладеного витікає, що на сьогодні визначити єдиний показник пластичності для конкретного металу (сплаву) і всіх видів його ОМТ не є можливим. Тому для цих цілей в цехах ОМТ використовують так звані показники одиничної пластичності в числі яких:

- відносна деформація при осаді литого зразка металу (сплаву) до появи на ньому першої тріщини за умов всебічного тертя;
- величина ударної в'язкості литої заготовки за нормальної температури;
- відносне видовження або відносне звуження площі поперечного перерізу литого зразка при його розтягуванні за нормальної температури зі швидкістю не більше ніж 10 мм/с;
- твердість металу (сплаву) при 20 ± 1 °С в литому стані та ін.

При цьому враховують, що для ОМТ більш придатні не крихкі чисті метали і сплави з однофазною структурою у яких величина відносного видовження за нормальної температури не менше 20%, а співвідношення межі текучості до межі міцності ($\sigma_{0,2}/\sigma_B$) було не менше 0,95. При цьому швидкість і величина деформації матеріалу при ОМТ може бути тим більшою, чим більша

його температура і дрібніша величина зерна литої заготовки, технологічність сплаву для ОМТ тим вища, чим більше ефективний температурний інтервал його обробки тиском [1].

Основний матеріал. Виходячи з викладеного вище, з метою підвищення точності оцінювання придатності будь якого металу або сплаву до ОМТ або литва був прийнятий безрозмірний параметричний критерій “А”:

$$A = \alpha_{AY} / \alpha_B, \quad (1)$$

де α_{AY} , α_B – відповідно, абсолютно утруднена та вільна лінійна усадка литого металу (сплаву), %

За критерієм “А” метали (сплави), що мають $1,0 \geq A \geq 0,7$ більш придатні для ОМТ ніж для виготовлення продукції способами лиття, оскільки в литому стані такі метали і сплави схильні до утворення у виливках гарячих тріщин, жолоблення тощо. Якщо $0,7 > A > 0,5$, то такий метал (сплав) придатний для ОМТ, але з певними умовами в технологічному процесі його обробки, з обмеженням розмірів і конфігурації майбутнього виробу, тощо, і цілком придатний до виготовлення виливків з певним обмеженням конструкції та розмірів виливків. Метали та сплави з $A \leq 0,5$ необмежено придатні для виготовлення виливків будь-яким способом лиття і обмежено придатні для виготовлення виробів видами ОМТ за певних умов.

Наприклад, подвійні бронзи марок БрА7 та БрА5, що мають $A > 0,7$, як відомо, переважно використовують для виготовлення виробів способами ОМТ. Для виливків ці бронзи застосовують вкрай обмежено, зокрема, для гребних гвинтів малого розміру або для окремих елементів гребних гвинтів великого розміру [2]. В той же час, бронзи марок БрА9Мц2Л, БрА9Ж3Л, БрА11Ж6Н6, БрО5Ц5С [2], чавун та інші сплави з $A \leq 0,5$, переважно використовують для виготовлення виливків будь-якої маси, розмірів та конфігурації, за будь яким видом лиття. Виходячи з цього, за величиною критерію “А” метали та сплави класифікували за такими підгрупами:

підгрупа А1 – метали та сплави з величинами $1,0 \geq A \geq 0,7$;

підгрупа А2 - метали та сплави з величинами $0,7 > A > 0,5$;

підгрупа А3 - метали та сплави з величинами $A \leq 0,5$.

Другим параметричним критерієм щодо визначення можливості деформаційної обробки металів (сплавів) шляхом ОМТ або литтям було прийнято співвідношення “В”:

$$B = (\delta_5 \cdot \sigma_B) / (100 \cdot \sigma_{0,2}), \quad (2)$$

де δ_5 , – відносне видовження, %; σ_B , $\sigma_{0,2}$ – відповідно, межа міцності та текучості при розтягуванні зразків металу (сплаву) у литому стані за температури 20 ± 1 °С, МПа; 100 - балансова константа, %.

За результатом аналізу встановлено, що всі відомі метали та сплави за величиною критерію “В” можна поділити на 7 наступних підгруп технологічності (підгрупи складності їх деформування та/або лиття):

підгрупа В0 – метали та сплави з величинами $B \geq 1,8$;

підгрупа В1 – метали та сплави з величинами $1,8 > B \geq 0,9$;

підгрупа В2 – метали та сплави з величинами $0,9 > B \geq 0,5$;

підгрупа В3 – метали та сплави з величинами $0,5 > B \geq 0,2$;

підгрупа В4 – метали та сплави з величинами $0,2 > B \geq 0,1$;

підгрупа В5 – метали та сплави з величинами $0,1 > B > 0$;

підгрупа В6 – метали та сплави з величиною $B = 0$.

Підгрупа В0 - метали та сплави, вироби з яких виготовляють переважно у холодному стані їх заготовок будь-якими видами ОМТ з відносно великим ступенем одноразової деформації і на великій швидкості.

Підгрупа В1 - метали та сплави вироби з яких виготовляють як у холодному так і у гарячому стані їх заготовок будь-якими видами ОМТ з відносно великим ступенем одноразової деформації і на великій швидкості.

Підгрупа В2 – метали та сплави, вироби з яких переважно виготовляють з їх заготовок у гарячому стані обмеженим числом видів ОМТ з меншими, ніж в підгрупі В1, ступенем одноразової деформації та її швидкості.

Підгрупа В3 – метали та сплави, вироби з яких виготовляють виключно з їх заготовок у гарячому стані більше обмеженим, ніж для підгрупи В2, числом видів ОМТ, з меншими ступенем одноразової деформації та її швидкості.

Підгрупа В4 – метали та сплави, вироби з яких виготовляють виключно з їх заготовок у гарячому стані більше обмеженим, ніж для підгрупи В3,

числом видів ОМТ, з відносно невеликим ступенем одноразової деформації та її швидкості.

Підгрупа В5 – відносно крихкі метали та сплави, вироби з яких виготовляють виключно з їх заготовок у гарячому стані значно обмеженим, ніж для підгрупи В3, числом видів ОМТ, з малим ступенем одноразової деформації та її швидкості.

Підгрупа В6 – вкрай крихкі метали та багатофазні сплави, ОМТ яких можливо виконати за одним-двома видами, виключно в гарячому стані заготовки за певних умов, на вкрай малій швидкості та ступенем одноразової деформації з обмеженими розмірами та простою конфігурацією виробу або ОМТ матеріалів цієї групи неможливо виконати за будь-яких умов.

Висновки. 1. За результатами виконаного аналізу розроблено параметричні безрозмірні критерії (“А” та “В”), які поділено на групи, що за рахунок їх комбінацій дозволяє провести оцінку придатності чистих металів, чавунів, сталей та бронз з малим вмістом свинцю до можливості використання їх для лиття та/або способів ОМТ.

2. Величина ударної в'язкості, твердості, відносного видовження або звуження або співвідношення показника межі текучості до межі міцності будь якого литого металу (сплаву) як єдиного показника придатності литого металу (сплаву) до ОМТ не може бути рекомендована.

3. Подальший розвиток досліджень за запропонованим в даній роботі критеріальним напрямком доцільно виконати для сплавів на основі Ni, Al, Ti та ін.

ЛІТЕРАТУРА

1. Ray S. Principles and applications of metal rolling. Cambridge University Press, Delhi. 2016. URL :<https://www.cambridge.org/core/search?filters%5BauthorTerms%5D=Siddhartha%20Ray&eventCode=SE-AU>.
2. Грешта В.Л., Лисиця О.В., Степанова Л.П. Кольорові метали та сплави на їх основі : навчальний посібник. Запоріжжя: ЗНТУ, 2014. 286 с.

DETERMINATION OF THE PREFERENTIAL METHOD OF MANUFACTURING PRODUCTS FROM METALS AND ALLOYS

Tetiana Kimstach, Kostiantyn Uzlov, Sergei Repyakh, Oleksandr Bilyi

Abstract. *Based on the results of the analysis of modern and well-known criteria for predicting the suitability of alloys for manufacturing products from them by deformation or casting, dimensionless parametric criteria and their quantitative scales have been developed. The use of these criteria will allow to increase the accuracy of predicting their preferential suitability for manufacturing products from them by deformation or casting. To develop dimensionless parametric criteria, a phenomenological approach was used to interpret the results of a systematic analysis of mechanical and individual casting properties of metals and alloys under conditions of uncertainty, borrowing literature reference data, the results of expert assessments and our own research. The results obtained will allow, at the initial stages of developing new alloys or technologies for manufacturing products from them, to predict the feasibility of processing metals and alloys by pressure or casting, regardless of their type and method, which will save time and costs both for the development of the alloy and for its introduction into production.*

Keywords: *alloy, shrinkage, deformation, casting, strength, criterion, structure.*

REFERENCES

1. Ray S. Principles and applications of metal rolling. Cambridge University Press, Delhi. 2016. URL :<https://www.cambridge.org/core/search?filters%5BauthorTerms%5D=Siddhartha%20Ray&eventCode=SE-AU>.
2. Hreshta V.L., Lysytsia O.V., Stepanova L.P. Kolorovi metaly ta splavy na yikh osnovi : navchalnyi posibnyk. Zaporizhzhia: ZNTU, 2014. 286 p. [in Ukrainian].