

А.В. Богомолов, П.О. Быков,

УДК 669.412

Р.И. Сержанов

*Павлодарский государственный университет
им. С.Торайгырова*

ФИЗИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СДВИГОВОГО ОБЖАТИЯ НЕПРЕРЫВНОЛИТЫХ ЗАГОТОВОК

Бұл мақалада өстік ақаулар мен құрылымның біртектілігі бойынша сапаны арттыру мақсатымен, дамындамаларды үздіксіз құю машинасының екінші ретті суыту аймағында жасалатын үздіксіз құйылған дайындаманы ауытқымалы қысудың мүмкіншілігін зерттеу нәтижелері ұсылған.

In article Results of physical modeling by shift reduction continuously cast stocking up are presented in zone of the secondary cooling the machine unceasing litho stocking up with chain of increasing her quality on axial defect and homogeneity of the structure

Известно, что обжатие непрерывнолитых заготовок в конечный период затвердевания заливает осевую пористость и способствует повышению однородности структуры [1-3]. При этом критической величиной обжатия является 3%, после чего в слитке развиваются трещины. Повысить эффективность обжатия можно за счет реализации сдвиговой схемы обжатия непрерывнолитого слитка в конце периода затвердевания, которая должна обеспечить более интенсивное залечивание осевой пористости и более высокие степени обжатия без появления трещин.

Для обоснования предлагаемого способа сдвигового обжатия непрерывнолитого слитка в зоне вторичного охлаждения в области окончания жидкой лунки необходимо экспериментально определить:

- степень залечивания осевой пористости при различных схемах обжатия;
- максимальную степень обжатия до появления трещин в слитке в конце периода затвердевания при различных схемах обжатия.

Процесс сдвигового обжатия непрерывнолитых заготовок в конце периода затвердевания моделировали в ряде экспериментов. В них сравнивали степень залечивания осевой пористости при различных схемах обжатия, а также максимальную степень обжатия до появления трещин в слитке в конце периода затвердевания.

Для моделирования сдвигового обжатия использовался сплав на основе свинца с висмутом (Pb – Bi). Сплавы свинца широко используются для моделирования деформации стали при температурах деформации [4].

Из модельного сплава изготавливались слитки сечением 17x17 мм. В модельных слитках в осевой части просверливались отверстия диаметром 2 мм, которые моделировали осевую пористость (рисунок 1). Геометрические размеры модельного слитка и осевой усадочной раковины выбирали в масштабе 1:10 к реальному стальному непрерывно-

литому слитку 150×150 мм и максимальному диаметру усадочной раковины (диаметр 20 мм), выявленной в процессе анализа качества непрерывнолитых заготовок ПФ ТОО «Кастинг».

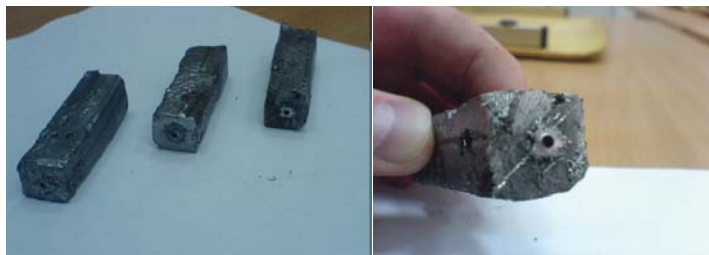


Рисунок 1 – Модельные слитки из свинцового сплава

Обжатие модельного слитка в цилиндрических валках осуществлялось в два прохода. Обжатие модельного слитка в конических валках осуществлялось также в два прохода. В первый проход слиток обжимался со сдвигом и получением поперечного сечения модельного слитка в виде параллелограмма, в процессе второго прохода модельному слитку восстанавливали геометрию.

Размеры модельного слитка после обжатия измерялись штангенциркулем, отверстия с помощью микроскопа МПБ-2 (увеличение ×24) с ценой деления 0,05 мм.

Поведение искусственного дефекта описывалось с помощью коэффициента закрытия отверстия ψ , представляющего собой произведение коэффициента вытяжки на отношение площадей поперечного сечения отверстия до и после деформации, т.е.

$$\psi = \frac{F'_{oms}}{F^0_{oms}} \mu \quad (1)$$

где F^0_{oms} и F'_{oms} – площадь отверстия до и после суммарного обжатия;
 μ – коэффициент вытяжки.

Коэффициент ψ показывает соотношение между уменьшением площадей поперечных сечений дефекта и заготовки, при $\psi > 1$ площадь сечения дефекта уменьшается менее интенсивно по сравнению с площадью сечения заготовки и устранение несплошностей недостижимо. Полному залечиванию соответствует $\psi = 0$.

Коэффициент вытяжки определялся по формуле

$$\mu = \frac{F^0_{cl}}{F'_{cl}} \quad (2)$$

где F^0_{cl} и F'_{cl} – площадь модельного слитка до и после суммарного обжатия.

Далее по полученным значениям высчитывали площадь и подсчитывали коэффициент вытяжки модельного слитка и коэффициент закрытия отверстия.

Результаты обжатия модельных слитков в цилиндрических и конических валках представлены в таблице 1 (площадь поперечного сечения модельного слитка до обжатия равна 289 мм², отверстия – 3,14 мм²).

Результаты обжатия модельных слитков из свинцовых сплавов

Условия эксперимента		Размеры модельного слитка после обжатия, мм	Поперечное сечение после обжатия, мм ²		Коэффициент вытяжки модельного слитка	Коэффициент закрытия отверстия
величина обжатия, мм	угол сдвига, град		модельный слиток	отверстие		
1	0	17x16	272,0	2,36	1,06	0,80
1	0	17x16	272,0	2,31	1,06	0,78
1	0	17x16	272,0	2,60	1,06	0,88
1	0	17x16	272,0	2,45	1,06	0,83
1	0	17x16	272,0	2,50	1,06	0,85
2	0	17x15	255,0	1,72	1,13	0,62
2	0	17x15	255,0	1,64	1,13	0,59
2	0	17x15	255,0	1,78	1,13	0,64
2	0	17x15	255,0	1,81	1,13	0,65
2	0	17x15	255,0	1,86	1,13	0,67
3	0	17,5x14	245,0	1,20	1,18	0,45
3	0	17,5x14	245,0	1,40	1,18	0,53
3	0	17,5x14	245,0	1,58	1,18	0,59
3	0	17,5x14	245,0	0,90	1,18	0,34
3	0	17,5x14	245,0	0,98	1,18	0,37
4	0	18x13	234,0	0,00	1,24	0,00
4	0	18x13	234,0	0,00	1,24	0,00
4	0	18x13	234,0	0,00	1,24	0,00
4	0	18x13	234,0	0,00	1,24	0,00
4	0	18x13	234,0	0,00	1,24	0,00
1	3	17x16	272,0	2,20	1,06	0,74
1	3	17x16	272,0	2,18	1,06	0,74
1	3	17x16	272,0	2,00	1,06	0,68
2	3	17x15	255,0	1,62	1,13	0,58
2	3	17x15	255,0	1,64	1,13	0,59
2	3	17x15	255,0	1,50	1,13	0,54
3	3	17,5x14	245,0	0,94	1,18	0,35
3	3	17,5x14	245,0	0,80	1,18	0,30
3	3	17,5x14	245,0	0,92	1,18	0,35
1	7	17x16	272,0	1,82	1,06	0,62
1	7	17x16	272,0	1,80	1,06	0,61
1	7	17x16	272,0	1,78	1,06	0,60
2	7	17x15	255,0	1,48	1,13	0,53
2	7	17x15	255,0	1,34	1,13	0,48
2	7	17x15	255,0	1,40	1,13	0,51
3	7	17,5x14	245,0	0,38	1,18	0,14
3	7	17,5x14	245,0	0,44	1,18	0,17
3	7	17,5x14	245,0	0,52	1,18	0,20

1	10	17x16	272,0	1,76	1,06	0,60
1	10	17x16	272,0	1,86	1,06	0,63
1	10	17x16	272,0	1,82	1,06	0,62
2	10	17x15	255,0	1,32	1,13	0,48
2	10	17x15	255,0	1,22	1,13	0,44
2	10	17x15	255,0	1,26	1,13	0,45
3	10	17,5x14	245,0	0,10	1,18	0,04
3	10	17,5x14	245,0	0,12	1,18	0,05
3	10	17,5x14	245,0	0,16	1,18	0,06
1	30	17x16	272,0	0,28	1,06	0,09
1	30	17x16	272,0	0,40	1,06	0,14
1	30	17x16	272,0	0,38	1,06	0,13
2	30	17x15	255,0	0,00	1,13	0,00
2	30	17x15	255,0	0,00	1,13	0,00
2	30	17x15	255,0	0,00	1,13	0,00

Из табличных данных видно, что полное закрытие отверстия диаметром 2 мм ($\psi = 0$), моделирующего усадочную пористость, при отсутствии сдвигового обжатия достигается при коэффициенте вытяжки $\theta = 1,24$. При использовании сдвигового обжатия полное закрытие отверстия достигается при меньшем коэффициенте вытяжки (при $\alpha = 300$, $\mu = 1,13$).

Для обработки результатов моделирования использовали регрессионный анализ в пакете прикладных программ для обработки статистических данных Microsoft Office Excel 2007. Было получено уравнение регрессии в виде линейной зависимости типа

$$Y = k_1 x_1 + k_2 x_2 + b \quad (3)$$

где b – свободный член уравнения;

k_1 и k_2 – коэффициенты переменных x_1 и x_2 ;

x_1 и x_2 – переменные уравнения.

Принимая угол сдвига за x_1 и коэффициент вытяжки за x_2 получили уравнение регрессии для определения коэффициента закрытия отверстия (ψ) от величины угла сдвига (α) модельного слитка и коэффициента вытяжки (μ) модельного слитка.

$$\psi = 5,26 - 0,02\alpha - 4,15\mu \quad (4)$$

Был определен коэффициент корреляции, который имеет значение $R^2 = 0,89$, что показывает хорошую сходимость результатов.

Далее была проверена адекватность модели, рассчитан критерий Фишера и сверен с табличными данными. Расчетный критерий Фишера $F_p = 0,53$, что меньше $F_{табл}$ [5]. Таким образом, можно сделать вывод об адекватности предложенной модели.

Также для различных коэффициентов вытяжки (μ) были построены графики зависимости коэффициента закрытия отверстия (ψ) от величины угла сдвига (α) модельного слитка и получены уравнения регрессии, коэффициенты корреляции (рисунок 2).

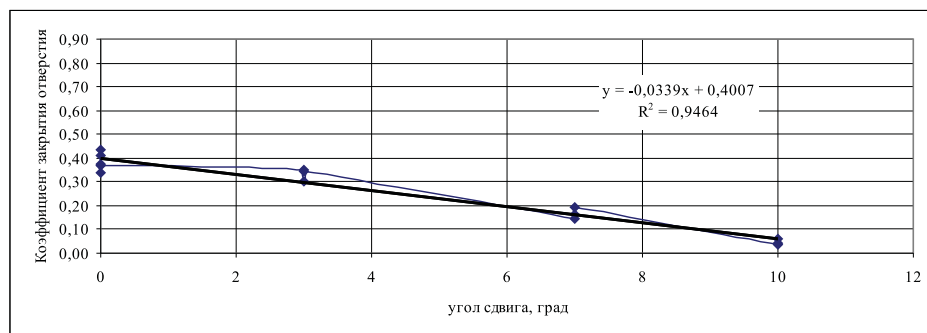


Рисунок 2 – Зависимость коэффициента закрытия отверстия (ψ) от величины угла сдвига (α) модельного слитка из свинцовых сплавов при $\mu = 1,18$ (критерий Фишера $F = 0,91$)

Выводы: 1. В результате выполнения экспериментов по моделированию обжатия непрерывнолитых заготовок в процессе непрерывного литья по различным схемам обжатия, с целью улучшения качества осевой зоны непрерывнолитых заготовок на свинцовых сплавах выявлено, что степень залечивания осевых усадочных дефектов при сдвиговом обжатии выше, чем при линейном обжатии.

2. Получены зависимости для определения коэффициента закрытия отверстия (ψ) от величины угла сдвига (α) модельного слитка и коэффициента вытяжки (μ) модельного слитка. Обработка достоверности результатов измерений и вычислений уравнения регрессии по критерию Фишера свидетельствует об адекватности предложенной модели.

ЛИТЕРАТУРА

1. Богомолов А.В., Быков П.О., Канаев А.Т., Сержанов Р.И. Улучшение структуры осевой зоны непрерывнолитых заготовок. – Материалы I Международной Казахстанско-Российско-Японской научной конференции «Перспективные технологии, оборудование и аналитические системы для материаловедения и наноматериалов» ВКГТУ – Interactive Corp. – МИСиС (24-25 июня 2008г.) / Под ред. Проф. Г.М. Муганова. – Усть-Каменогорск: ВКГТУ, 2008. – 764 с.

2. Меандров Л.В., Воронцов В.К., Погорельский В.И. Совершенствование условий деформации непрерывнолитых слябов с целью улучшения качества проката.// Сталь, 1982, №3. – с. 43 – 45.

3. Инновационный патент на изобретение №21195 «Способ и устройство для получения заготовок на машине непрерывного литья заготовок». / Быков П.О., Канаев А.Т., Сержанов Р.И., Богомолов А.В., Тусупбекова М.Ж., Кусманова Д.Р. заявл. 21.04.2008 ; опубл. 15.05.2009, бюл. №5. – 3 с. : ил.

4. Найзабеков А.Б., Ашкеев Ж.А., Лежнев С.Н. Роль сдвиговых деформаций в закрытии внутренних дефектов.// Изв. Вузов. Черная металлургия, 1999 №10, с.20 – 22.

5. Шамельханова Н.А. Основы планирования эксперимента. – Алматы : КазНТУ, 2002. – 182 с.