

А.В. Богомолов, Р.И. Сержанов,

УДК 669.412

П.О. Быков

*Павлодарский государственный университет
им. С.Торайгырова*

МОДЕЛИРОВАНИЕ СДВИГОВОГО ОБЖАТИЯ НЕПРЕРЫВНОЛИТЫХ ЗАГОТОВОК НА АЛЮМИНИЕВЫХ ДЕФОРМИРУЕМЫХ СПЛАВАХ

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 modeling shift reduction continuously cast stocking up are presented in zone of the secondary cooling the machine unceasing litho stocking up with chain of increasing to homogeneity of the structure on aluminum deformed alloy.

Теоретический анализ показал возможность более интенсивного залечивания осевых усадочных дефектов в процессе «мягкого» обжатия в зоне вторичного охлаждения МНЛЗ при меньших степенях и усилиях обжатия за счет использования сдвиговых деформаций [1,2].

Предложено устройство для моделирования сдвигового «мягкого» обжатия заготовок с жидкой сердцевиной при производстве непрерывнолитой заготовки, на которое получено положительное решение на выдачу инновационного патента РК [3]. Разработанная лабораторная установка для сдвигового обжатия непрерывнолитых заготовок в зоне вторичного охлаждения МНЛЗ внедрена в учебный процесс ПГУ им. С. Торайгырова.

В лабораторных условиях проведены эксперименты по моделированию сдвигового обжатия непрерывнолитых заготовок с использованием алюминиевых деформируемых сплавов следующего химического состава: 0,3%Si, 0,4%Cu, 2,0%Mg, 0,25%Zn, 0,04%Pb, 0,7%Fe, 1,5%Mn, 0,1%Cr, 0,08%Ti, 0,02%Sn, остальное Al. Из сплава изготавливали модельные слитки сечением 17x17 мм. В модельных слитках в осевой части просверливались отверстия диаметром 2 мм, которые моделировали осевую пористость. Модельные слитки перед обжатием нагревали до температуры 420 °С.

Обжатие осуществляли на лабораторной установке для обжатия заготовок в цилиндрических и конических валках. Обжатие модельного слитка осуществлялось в два прохода. При этом сдвиговое обжатие в первый проход осуществляли по несколько иной схеме, а именно с получением при первом проходе геометрической формы модельного слитка в виде усеченного конуса и дальнейшем восстановлением геометрии слитка во втором проходе.

Результаты измерения представлены в таблице 1 (площадь поперечного сечения модельного слитка до обжатия равна 289 мм², отверстия – 3,14 мм²).

Обработку результатов экспериментов проводили аналогично экспериментам на свинцовых образцах.

Было получено уравнение регрессии в виде линейной зависимости типа

$$y = k_1x_1 + k_2x_2 + b \quad (1)$$

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.

$$\psi = 3,02 - 0,19\alpha - 1,71\mu \quad (2)$$

Далее был определен коэффициент корреляции $R_2 = 0,96$, что показывает хорошую сходимость результатов. Расчетный критерий Фишера $F_p = 0,97$, что меньше $F_{табл}$. Таким образом, модель адекватна.

Аналогично были построены графики зависимости коэффициента закрытия отверстия (ψ) от величины угла сдвига (α) модельного слитка для различных коэффициентов вытяжки (μ). Графики, уравнения регрессии, коэффициенты корреляции показаны на рисунках 1,2.

Таблица 1

Результаты обжатия модельных слитков из алюминиевых деформируемых 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 по каждой стороне слитка, град		модельный слиток	отверстие		
2	0	17x15	255,0	3,00	1,13	1,08
2	0	17x15	255,0	3,10	1,13	1,12
2	0	17x15	255,0	3,20	1,13	1,15
2	0	17x15	255,0	3,12	1,13	1,13
2	0	17x15	255,0	3,08	1,13	1,11
4	0	17x13	221,0	1,82	1,31	0,76
4	0	17x13	221,0	1,80	1,31	0,75
4	0	17x13	221,0	1,76	1,31	0,73
4	0	17x13	221,0	1,86	1,31	0,77
4	0	17x13	221,0	1,82	1,31	0,76
2	2	17x15	255,0	1,82	1,13	0,66

2	2	17x15	255,0	1,86	1,13	0,67
2	2	17x15	255,0	1,78	1,13	0,64
4	2	17x13	221,0	1,08	1,31	0,45
4	2	17x13	221,0	1,20	1,31	0,50
4	2	17x13	221,0	1,10	1,31	0,46

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 алюминиевых деформируемых сплавах выявлено, что степень залечивания осевых усадочных дефектов при сдвиговом обжатии выше, чем при линейном обжатии.

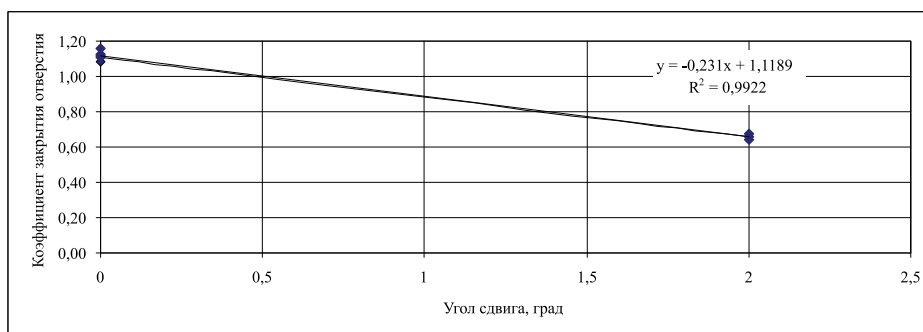


Рисунок 1 – Зависимость коэффициента закрытия отверстия (ψ) от величины угла сдвига (α) модельного слитка из алюминиевых деформируемых сплавов при $\theta = 1,13$ (критерий Фишера $F = 0,99$)

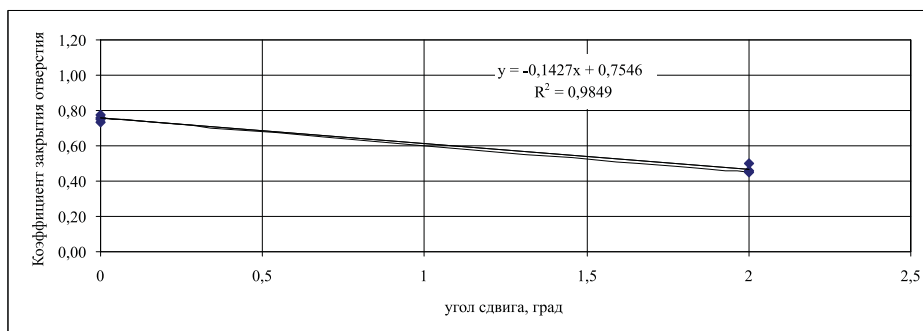


Рисунок 2 – Зависимость коэффициента закрытия отверстия (ψ) от величины угла сдвига (α) модельного слитка из алюминиевых деформируемых сплавов при $\theta = 1,31$ (критерий Фишера $F = 0,98$)

На следующем этапе исследований была поставлена задача определения максимально возможной степени обжатия модельного слитка в конце периода затвердевания при сдвиговой схеме обжатия без появления трещин.

Исследование макроструктуры модельных слитков показало:

1. В осевой части слитка обжатого по сдвиговой схеме деформации отсутствует осевая рыхлость.

2. Усадочная раковина в слитке обжатом по сдвиговой схеме деформации распространяется на меньшую глубину чем в слитке без обжатия.

3. Внутренние трещины в осевой зоне слитка отсутствуют при степени деформации до 5% и малых углах сдвига (не более $15 - 18^\circ$). При степени деформации свыше 5% и углах сдвига около 18° периодически наблюдается развитие трещин выходящих на поверхность слитка, что можно объяснить потерей пластичности сплава.

Выводы: 1. В результате регрессионного анализа получены зависимости для определения коэффициента закрытия отверстия (ψ) от величины угла сдвига (α) модельного слитка и коэффициента вытяжки (ϵ) модельного слитка.

2. На основании результатов физического моделирования на алюминиевых деформируемых сплавах установлено, что использование сдвигового обжатия непрерывнолитых заготовок с жидкой сердцевиной с целью снижения осевой усадочной пористости возможно при малых степенях обжатия (до 5%) и малых углах сдвига (до 18°). С дальнейшим ростом обжатия и увеличением углов сдвига возрастает опасность развития трещин.

ЛИТЕРАТУРА

1. 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.

2. Быков П.О., Никитин Г.М. Способ повышения качества и эффективности производства стальных непрерывных слитков. Материалы международной научной конференции «Первые Ержановские чтения» - Павлодар: ПГУ им. С.Торайгырова, 2004. – Т.1. – с. 308 – 311.

3. Заключение о выдаче инновационного патента на изобретение. Заявка № 2009/1232.1 «Устройство для моделирования процесса прокатки при производстве непрерывно-литой заготовки». / Сержанов Р.И., Быков П.О., Богомолов А.В.