



УДК 621.7.016.2:669.715

Скрябин С.А., Гунько И.В., Бубновская И.А.

Винницкий национальный аграрный университет. Украина, г. Винница

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ СКОРОСТЕЙ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ МЕТАЛЛА ПО СЕЧЕНИЯМ ВАЛЬЦУЕМОЙ ЗАГОТОВКИ

Анотація

Описано дослідження та представлено етори розподілу швидкостей переміщення металу при прокатці по висоті перерізу у фактичному осередку деформації: для широкої тонкої й товстої смуг. Дослідження проводилися на алюмінієвих сплавах АК6, АК8, АК4-1.

Встановлено, що фактичний осередок деформації розділений на п'ять ділянок, з яких три середніх перебувають у зоні контакту смуги з валками, а два крайніх — поза цією зоною. Етори наочно показують нерівномірність переміщення металу по висоті перерізу у всіх зонах. Розподіл деформації стиску по товщині заготовок аналогічний характеру розподілу швидкостей переміщення металу.

Проведені експерименти показали, що при прокатці заготовок різного перерізу зі зміною умов деформування (ступеня обтиснення, швидкості

прокатки, коефіцієнта тертя тощо) характер етор зміниться, але нерівномірність швидкостей по товщині смуги й п'ять зон фактичного осередку деформації будуть існувати.

Abstract

Described the study and presents diagrams of the velocity distribution of moving metal vertical cross section in the actual deformation zone. In the rolling of thin wide and broad thick strips. The studies were conducted on aluminum alloys AK6, AK8, AK4-1.

It is established that the actual deformation zone is divided into five sections. Three medium are in the area of contact with the rolls and strip the two extreme — outside of this zone. Diagrams illustrate the uneven movement of the metal section height in all zones. The distribution of compressive strain in the thickness of workpieces of similar nature of the velocity distribution of the metal movement.

Experiments showed that the rolling pieces of various sections of diagrams character change. Under different conditions of deformation (the degree of reduction, rolling speed, the friction coefficient, etc.). But the uneven speed of the strip thickness and five zones of the actual deformation zone will exist.

На основе анализа большого количества экспериментальных данных построены эпюры распределения скоростей перемещения металла по сечениям заготовки. На рис. 1. представлена схема распределения скоростей перемещения прокатываемого металла по высоте сечения в фактическом очаге деформации для широкой ($b = \text{const}$) и тонкой заготовок (полосы).

Фактический очаг деформации разделен на пять участков, из которых три средних находятся в зоне контакта полосы с валками и два крайних — вне этой зоны [1].

Установлено, что распределение зон в фактическом очаге деформации вальцуемой заготовки (рис. 1) осуществлено следующим образом: 2 — 69,2 %; 3 — 16,5 %; 4 — 27,7 %; 5 — 26,15 %; 6 — 19,23 %; 7 — 14,2 %.

Эпюры наглядно показывают неравномерность перемещения металла по высоте сечения во всех зонах. Первая (по направлению прокатки) зона возникновения неравномерности скоростей расположена до геометрического очага деформации. До этой зоны металл перемещается с постоянной по высоте сечения скоростью.

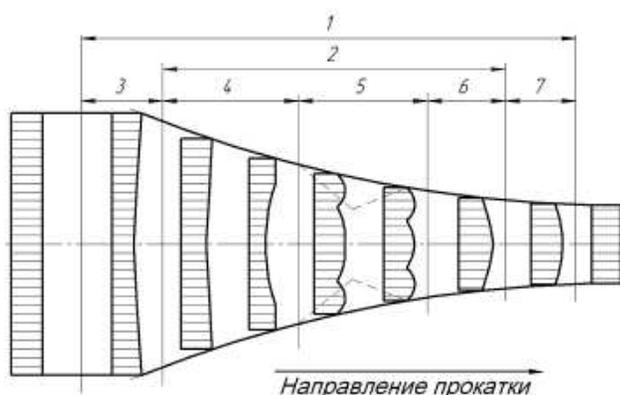


Рис. 1. Схема распределения скоростей перемещения металла по высоте сечения в фактическом очаге деформации (прокатка широкой тонкой полосы):

- 1 — фактический очаг деформации; 2 — геометрический очаг деформации; 3 — зона возникновения неравномерности деформации; 4 — зона отставания; 5 — зона прилипания; 6 — зона опережения; 7 — зона затухания

В первой зоне скорость поверхностных слоев металла больше, так как в момент захвата заготовки валками, увлекаемые ими поверхностные слои металла перемещаются быстрее, чем внутренние, следовательно, до геометрического очага деформации уже возникает неравномерное перемещение различных

слоев металла. Первыми деформируются поверхностные слои металла, а затем внутренние. Эпюра распределения скоростей перемещения металла по толщине полосы (высоте сечений) в этой зоне вогнутая, причем степень вогнутости зависит от условий деформирования.

Во второй зоне (зона отставания) эпюра распределения скорости вогнута больше, чем в первой, так как при входе металла в валки разность в скоростях поверхностных и внутренних слоев металла увеличивается. Поверхностные слои начинают увлекать за собой соседние, и перемещение слоев распространяется внутрь металла. Однако на контактной поверхности скорость металла меньше, чем скорость валков, здесь наблюдается проскальзывание металла относительно валков.

В зоне прилипания перемещение слоев металла также неравномерно по толщине заготовки, но здесь уже поверхностные слои металла начинают отставать от внутренних. В этой зоне металл не прилипает к валкам, но отсутствует его проскальзывание вследствие равенства скорости течения металла и скорости вращения валков.

Эпюры распределения скоростей перемещения прокатываемого металла по высоте сечения в этой зоне показывают неравномерность движения металла по толщине заготовки. Если поверхностные слои металла перемещаются со скоростью, равной скорости вращения валков, то промежуточные слои несколько отстают от них (вогнутые участки эпюры), а внутренние опережают их (выпуклый участок эпюры). При этом средняя скорость движения металла несколько больше скорости вращения валков.

В зоне опережения скорость течения поверхностных, промежуточных и внутренних слоев металла больше окружной скорости валков, причем с максимальной скоростью перемещаются внутренние слои (эпюра выпуклая).

В зоне затухания скорость металла постепенно уменьшается, и на некотором участке после выхода заготовки из контакта скорости течения внутренних и наружных слоев выравниваются.

На рис. 2 представлена схема распределения скоростей перемещения металла по высоте сечения при прокатке толстых широких полос из заготовок алюминиевых сплавов АК6, АК8, АК4-1. В отличие от предыдущего случая, скорость промежуточных слоев начинает увеличиваться еще в зоне отставания (двояковыпуклая эпюра). Эпюра сохраняет свой вид до скорости металла на выходе из валков, причем в зонах прилипания и опережения выпуклость увеличивается. Такое распределение скоростей металла в фактическом очаге деформации характерно для прокатки заготовок с небольшой степенью обжатия на первых проходах.

Проведенные эксперименты показали, что при прокатке заготовок различного сечения с изменением

условий деформирования (степени обжатия, скорости прокатки, коэффициента внешнего трения и др.) характер эпюр изменится, но неравномерность скоростей по толщине полосы и пять зон фактического очага деформации будут существовать.

Характер распределения деформаций сжатия по толщине заготовок аналогичен характеру распределения скоростей перемещения металла.

Фактический очаг деформации разделен, аналогично рассматриваемому выше, на пять участков, из которых три средних находятся в зоне контакта полосы с валками и два крайних — вне этой зоны [1].

Установлено, что распределение зон в фактическом очаге деформации вальцуемой заготовки (рис. 2) в данном случае осуществлено следующим образом: 2 — 83,76 %; 3 — 16,23 %; 4 — 27,34 %; 5 — 25,63 %; 6 — 15,38 %; 7 — 14,1 %.

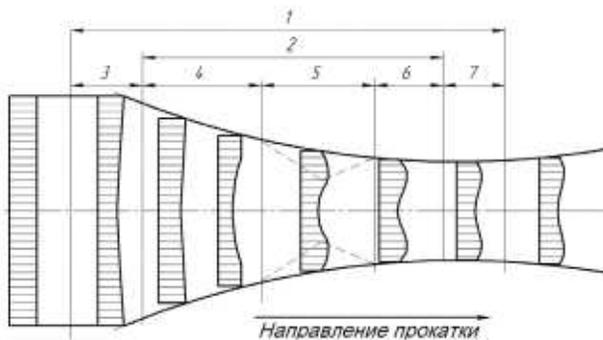


Рис. 2. Схема распределения скоростей перемещения металла по высоте сечения в фактическом очаге деформации (прокатка широкой толстой полосы):

1 — фактический очаг деформации; 2 — геометрический очаг деформации; 3 — зона возникновения неравномерности скоростей; 4 — зона отставания; 5 — зона прилипания; 6 — зона опережения; 7 — зона затухания

На рис. 3, 4 представлены значения скорости деформации, c^{-1} , в поперечном и продольном сечениях очага деформации при прокатке (вальцовке) заготовок (сплав АК6, $\varnothing 14 \times 150$ мм, степень обжатия 50 %) [2].

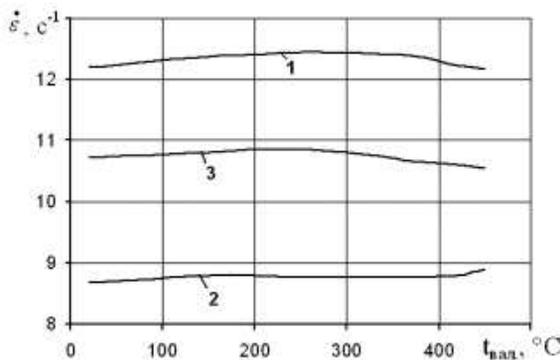


Рис. 3. Зависимость скорости деформации c^{-1} : в середине заготовки (1); в месте соприкосновения заготовки с вальцовочными штампами (2); во внеконтактных зонах (3) [3] от температуры нагрева штампов в поперечном сечении середины геометрического очага деформации

На рис. 4, 5 представлены значения скорости деформации, c^{-1} , в поперечном и продольном сечениях очага деформации при вальцовке заготовок (сплав АК6, $\varnothing 14 \times 150$ мм, степень обжатия 50 %).

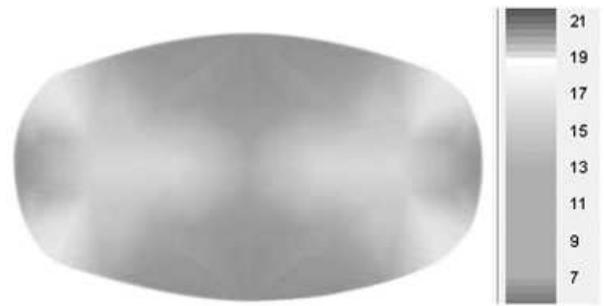


Рис. 4. Скорость деформации в поперечном сечении заготовки в середине геометрического очага деформации, c^{-1} (сплав АК6, $\varnothing 14 \times 150$ мм, степень обжатия 50 %)



Рис. 5. Скорость деформации в продольном сечении заготовки в очаге деформации, c^{-1} (сплав АК6, $\varnothing 14 \times 150$ мм, степень обжатия 50 %)

Выводы

1. Экспериментальными исследованиями установлены границы фактического очага деформации и характер распределения скоростей в широких тонких и толстых заготовках при различных условиях деформирования (степень обжатия, скорость прокатки).

2. Анализ характера распределения скоростей показал, что еще до момента входа металла в зев валков, контактные слои металла начинают двигаться со скоростью большей, чем срединные слои.

3. Установлено, что характер неравномерного распределения скоростей металла по сечению прокатываемой заготовки зависит в основном от условий прокатки и главным образом от степени обжатия. Кроме того, значительную роль играют пластичность деформируемого металла, однородность его структуры и равномерность механических свойств, коэффициент трения между заготовкой и валками, температура и скорость деформирования, а также соотношения геометрических размеров заготовки и валков. Зона неравномерного распределения скоростей течения металла до входа и после выхода металла за плоскость осей валков уменьшается с увеличением скорости прокатки.

4. Повышение скорости течения металла от контактной поверхности к срединным слоям создает искривление вертикальной линии координатной сетки, которое доходит до значительных размеров. На некотором участке очага деформации контактные слои металла начинают отставать от слоев, расположенных несколько глубже. Такое распределение скорости по вертикальным сечениям создает на участках, прилегающих к поверхности валков, равномерность в скорости горизонтального перемещения.

5. Продвигаясь ближе к выходу, металл начинает перемещаться в промежуточных слоях с большей скоростью по сравнению с контактными и средними слоями. Такое распределение скоростей сохраняется и по выходе металла за плоскость осей валков.

6. Установлено, что деформация в металле начинается еще до геометрической зоны деформации и протекает в определенной последовательности.

7. Максимальное деформирование все слои прокатываемого металла получают в первой половине геометрической зоны деформации. Деформирование заканчивается за пределами геометрической зоны сначала в срединных слоях, а затем и в поверхностных. Выявлена зависимость характера горизонтального перемещения прокатываемого металла на контактной поверхности от скорости прокатки, степени

обжатия. Контактная поверхность разделяется на три зоны: зону прилипания и две зоны скольжения (отставания и опережения).

8. С увеличением скорости прокатки, протяженность зоны прилипания уменьшается с некоторым сдвигом по направлению к выходу металла из валков. Зона прилипания охватывает в основном поверхностный, контактный и частично промежуточный слои. Объем металла зоны прилипания представляется в форме клина, расположенного основанием к поверхности контакта металла с валками и характеризуется отсутствием деформации.

Литература

1. *Скрябин С.А.* Профилирование заготовок на ковочных вальцах / С.А. Скрябин, А.И. Колпашников — М.: Машиностроение. 1988. — 224 с.
2. *QForm3D* — конечно-элементная программа для расчета процессов пластической деформации металлов и сплавов, © 1991–2008, ООО «КванторФорм». www.qform3d.com
3. *Скрябин С.А.* Влияние внеконтактных зон вальцуемых заготовок на размеры фактического очага деформации / С.А. Скрябин, Д.С. Чайка // Сборник научных трудов «Обработка металлов давлением». — 2008. — № 2 (21). — С. 220–226.