

УДК 621.771

К ВОПРОСУ КЛАССИФИКАЦИИ ПРОЦЕССОВ ОМД ПРИ АНАЛИЗЕ КИНЕМАТИКИ ОЧАГА ДЕФОРМАЦИИ

Добров И.В., Семичев А.В., Морозенко Е.П.

Национальная металлургическая академия Украины, г. Днепр, Украина

Аннотация: В настоящее время наблюдается тенденция к внедрению литейно-прокатных комплексов для получения заготовок, предназначенных для последующей обработки методами холодной прокатки, волочения и прессования [1-3]. Каждый из этих методов имеет свои преимущества и недостатки, что предопределило интенсивное развитие совмещенных процессов ОМД, таких как: прокатка-волочение, прокатка-прессование и т. д. [4,5]. В этой связи возрастают требования к уточнению классификации этих процессов. В этой связи возрастают требования к уточнению классификации этих процессов, учитывающие их характерные особенности при деформации заготовок.

Ключевые слова: процессы ОМД; кинематика очага деформации; очаг деформации; заготовка; холодная прокатка.

Цель работы. Исследования кинематики стационарных очагов деформации для уточнения классификации совмещенных процессов ОМД.

Решение задачи. Рассмотрим схемы процессов прокатки (рис. 1), прессования и прокатки-прессования (рис. 2). На рис.: 1–2 приняты следующие обозначения: h_1 и h_0 - соответственно высота заготовки единичной ширины $b=1$ на выходе и на входе в очаг деформации; α_k - угол контакта заготовки 1 и инструментов 2 (2_α - при прокатке, 2_p - при прессовании в роликах, 2_ϕ - при прессовании в фильере) соответственно радиусами (R_α , R_p , R_ϕ); L - длина очага деформации; v_1 и v_0 - соответственно скорость заготовки на выходе и на входе в очаг деформации; γ - нейтральный угол, разделяющий очаг деформации образованный вращающимися инструментами, на два участка: зону отставания заготовки (окрашенную в сиреневый цвет) и зону опережения заготовки (окрашенную в желтый цвет); $T_{12,F}$ - сила трения, действующая на заготовку 1 со стороны инструмента 2 в зоне отставания заготовки в направлении v_1 ; $T_{12,Q}$ - сила трения, действующая на заготовку 1 со стороны инструмента 2 в зоне опережения заготовки в направлении противоположном v_1 ; h_x и h_y - соответственно высота заготовки на расстоянии x и x_y от выхода из очага деформации; v_x и v_y - соответственно скорость сечения заготовки высотой h_x и h_y ; v - линейная скорость вращения инструмента 2; $M_{mp,r}$ - момент трения в опоре вращающегося инструмента 2 радиусом r ; M - момент прокатки.

Независимо от способа ОМД (рис.: 1–2) скорость текущего сечения заготовки высотой h_x составляет [2, 5, 6]

$$v_x(x) = v_1 \frac{h_1}{h_x(x)} \neq const \quad (1)$$

и не является постоянной величиной по длине очага деформации ($0 \leq |x| \leq L$).

¹ Здесь, далее по тексту и на рис. для аналогичных величин при различных способах ОМД: прокатке, прессовании и прокатке-прессовании используются нижние буквенные индексы, состоящие из первых букв наименования соответствующего процесса (n – прокатки, n,F – прокатки с натяжением, nQ – прокатки с задним натяжением, n,F_0 – прокатки с подпором, np – прессования в роликах, $n-pr$ – прокатки прессования).

заготовки и установленные с возможностью вращения металлические ролики 2. При неподвижных роликах 2_{ϕ} ($\omega_p = 0$) перемещение разноцветных намагниченных шариков 1, представляющих основной слой материала заготовки, и 1', представляющих исследуемый слой материала заготовки, осуществляется пуансоном, который воздействует на торцевой слой шариков, расположенный перед очагом деформации. В этом случае моделируется процесс прессования в фильере (рис. 3 а, б) согласно схеме прессования, представленной на рис. 2, а. При вращении роликов 2_p ($\omega_p \neq 0$) шариками 1 и 1' за счет перемещения пуансона, моделируется процесс прессования в роликах (рис. 3, в, г) согласно схеме прессования на рис. 2, б. При перемещении шариков 1 и 1' вращающимися (ω_e) валками 2_e без воздействия пуансона на торцевой слой шариков на входе в волоку, моделируется процесс прокатки (рис. 3, д, е) согласно схеме прокатки на рис. 1, а. При перемещении шариков 1 и 1' за счет одновременного согласованного вращения (ω_e) валков 2_e и перемещения пуансона, моделируется процесс прокатки-прессования (рис. 3, з, и) согласно схеме прокатки-прессования на рис. 2, в. Анализ результатов экспериментов (рис. 3) показывает, что при любом способе ОМД, представленных на рис.: 1 – 2 в процессе обжатия заготовки с коэффициентом $\mu = \frac{h_0}{h_1}$ исследуемый прямолинейный слой материала заготовки на входе в очаг деформации (рис. 3 а, в, д, з) изменяет свою форму на выходе из очага деформации (рис. 3 б, г, е, и). При прессовании в фильере (рис. 3 а, б) исследуемый слой материала заготовки на выходе из очага деформации приобретает форму линии выпуклой в направлении ν_1 . При прессовании в роликах (рис. 3, в, г) исследуемый слой материала на выходе из очага деформации представляет кривую, которая имеет две симметричные относительно оси симметрии очага деформации выпуклости в направлении ν_1 и вогнутость на оси симметрии очага деформации.

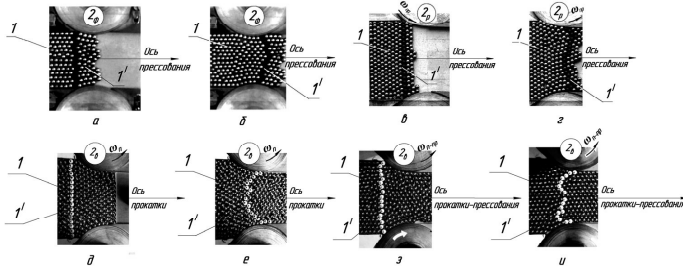


Рис. 3 Результаты моделирования процесса: прессования $\mu = 1,07$ в фильере (а, б) [8]; прессования $\mu = 1,25$ в роликах (в, г) [8]; прокатки $\mu = 1,4$ (д, е); прокатки-прессования $\mu = 1,45$ (з, и)

При прокатке (рис. 3, д, е) слой на выходе из очага деформации в направлении ν_1 представляет вогнутую кривую. При прокатке-прессовании (рис. 3, з, и) форма кривой, представляющей деформированный слой материала на выходе из очага деформации в направлении ν_1 , имеет незначительную выпуклость вблизи оси симметрии очага деформации.

Обсуждение результатов. Положение нейтрального сечения в очаге деформации, удовлетворяющего одновременно положению нейтрального сечения при прокатке с подпором и прессованию в роликах, определяет характер совмещенного процесса прокатки-прессования, при котором положение нейтрального сечения определяется нейтральным углом равным половине угла контакта заготовки и вращающегося инструмента.

Действие сил внешнего трения в очаге деформации определяют на выходе из очага деформации изменение формы исходного (вертикального) слоя материала заготовки на входе в очаг деформации:

- в условиях процесса прокатки-прессования происходит оптимизация взаимодействия сил внешнего трения в очаге деформации с силой прессования и силой, приложенной к заготовке за счет момента прокатки. При этом снижается кривизна исходного слоя заготовки на выходе из очага деформации, обеспечивая повышение ресурса пластичности готового изделия по сравнению с аналогичными изделиями, полученным как прокаткой, так и прессованием в роликах.

Выводы. На основании проведенных теоретических и экспериментальных исследований кинематики очага деформации установлены характерные особенности процессов прокатки, прессования и совмещенного процесса прокатки-прессования, в основу которых положена величина нейтрального угла, определяющего зоны отставания и опережения заготовки в очаге деформации. В условиях, когда нейтральный угол равен половине угла контакта заготовки и вращающегося инструмента имеет место процесс прокатки-прессования, при котором в готовом изделии обеспечивается максимальный ресурс пластичности по сравнению с аналогичными изделиями, получаемыми в процессах прокатки и прессования.

To the question of classification of processes of processing materials by pressure at analysis of the center's kinematic of deformation

Dobrov I.V., Semichev A.V., Morozenko E.P.

Abstract. Currently, there is a tendency towards the introduction of casting and rolling complexes for producing billets intended for subsequent processing by cold rolling, drawing and pressing [1-3]. Each of these methods has its own advantages and disadvantages, which predetermined the intensive development of combined OMD processes, such as: rolling-drawing, rolling-pressing, etc. [4,5]. In this regard, there are increasing requirements to clarify the classification of these processes. In this regard, there are increasing requirements to clarify the classification of these processes, taking into account their characteristic features during the deformation of the workpieces.

Keywords: metal forming processes; kinematics of the deformation zone; hotbed of deformation; cold rolling.

До питання класифікації процесів ОМД при аналізі кінематики осередку деформації

Добров І.В., Сьомічев А.В., Морозенко Є.П.

Анотація. На даний час спостерігається тенденція до впровадження ливарно-прокатних комплексів для отримання заготовок, призначених для подальшої обробки методами холодної прокатки, волочіння і пресування [1-3]. Кожен з цих методів має свої переваги і недоліки, що зумовило інтенсивний розвиток суміщених процесів ОМД, таких як: прокатка-волочіння, прокатка-пресування і т.д. [4,5]. У зв'язку з цим зростають вимоги до уточнення класифікації цих процесів. У зв'язку з цим зростають вимоги до уточнення класифікації цих процесів, що враховують їх характерні особливості при деформації заготовок.

Ключові слова: процеси ОМТ; кінематика осередку деформації; осередок деформації; заготовка; холодна прокатка.

Список литературы

1. Коновалов Ю. В. Настоящее и будущее литейно-прокатных агрегатов / Ю. В. Коновалов // Производство проката. – 2009. – № 9. – С. 37–43.
2. Добров И. В. Сравнительный анализ процессов прокатки и волочения в роликовых волоках / И. В. Добров, А. П. Грудев, Ю. И. Коквихин // Изв. вуз. Черная металлургия. – 1987. – № 10. – С. 44–48.
3. Перерва А. В. Прессование из заготовки неограниченной длины / А. В. Перерва, Г. В. Кожевников, Л. И. Алиева // Вісник Донбаської державної машинобудівної академії 2010. – № 1 (18). – С. 221-225.
4. Минаев А. А. Совмещенные металлургические процессы / А. А. Минаев. – Донецк: Унитех, 2008. – 552 с.
5. Выдрин В.Н. Производство листов и ленты способом «прокатка-волочение» / В. Н. Выдрин, Л. М. Агеев. – М.: Черметинформация, 1971. – 21 с.
6. Теория прокатки / Целиков А.И., Томленов А.Д., Зюзин В.И., Третьяков А.В., Никитин Г.С. Справочник. - Москва: Металлургия, 1982. - 335 с.
7. Пат. 118653 Украина, МПК G01B11/16. Способ моделирования кинематики локальной пластической деформации / Добров И.В., Семичев А.В., Гетьман И.И. – № u201610915; заявл. 31.10.2016; опубл. 28.08.2017, Бюл. №16. – 3 с.
8. Dobrov I. V. On Kinematics - of Stock Deformation Process during Drawing / I. V. Dobrov // Procedia Engineering. – 2017. – Vol. 206. – Pp. 760–770.
9. Dobrov I.V. To the question of the mechanics of the deformation zone during pressing of the strip / I.V. Dobrov, A.V. Semichev, O.P. Morozenko, O.V. Koptily // International Scientific and Technical Conference "Progressive Technology and Engineering Education", Kyiv, 3-7 June 2019: Materials of the Conference - Kyiv: 2019. - pp. 93-95.