

*Эта часть работы выложена в ознакомительных целях. Если вы хотите получить работу полностью, то приобретите ее воспользовавшись формой заказа на странице с готовой работой:*

<https://stuservis.ru/vkr/287914>

**Тип работы:** ВКР (Выпускная квалификационная работа)

**Предмет:** Металловедение

Оглавление

1	Исследование влияния толщины на штампуемость листовых алюминиевых сплавов	2
1.1	Штампуемость алюминиевых сплавов	2
1.2	Энтропийная концепция пластичности	4
1.3	Влияние химического состава на штампуемость листовых алюминиевых сплавов	8
1.4	Влияние зёрненной структуры на штампуемость листовых алюминиевых сплавов	12
1.5	Влияние состава и распределения упрочняющих фаз на штампуемость листов из алюминиевых сплавов	16
1.6	Влияние текстуры на штампуемость листовых алюминиевых сплавов	19
	Список использованной литературы	22

1 Исследование влияния толщины на штампуемость листовых алюминиевых сплавов

1.1 Штампуемость алюминиевых сплавов

Штампуемость (формуемость) характеризует способность металла пластически деформироваться в процессе штамповки без образования дефектов (трещин, волнистостей, фестонов, перепадов толщины и т. д.). Для листового металла формуемость является обобщенным относительным признаком, зависящим только от его технологических свойств. Его оценивают для данной технологической операции по группе показателей качества обработки, расходу материала на изделие, стойкости инструмента, затратам на его изготовление и обслуживание, энергозатратам [1].

Технологические свойства листового металла, необходимые для обеспечения печати, различаются от одной операции к другой. Если процесс формования включает в себя несколько различных операций, свойства обработки должны гарантировать пригодность для печати во всех операциях.

На свойства листового материала влияют такие показатели, как пластичность, прочность, микроструктура, шероховатость поверхности. Как правило, формуемость улучшается с увеличением пластичности, снижением предела прочности и текучести. Однако при высокой пластичности алюминиевых сплавов деталь может прилипнуть к инструменту, что вызывает трудности при ее извлечении из матрицы. Прочность штампов усиливается более мелкозернистой структурой штампованных материалов. Кроме того, смазочно-удерживающая способность обеспечивает микротиснение поверхности заготовки, что улучшает формуемость труднодеформируемых материалов с высокой прочностью и низкой пластичностью [2, 3].

Возможность штамповки оказывает большое влияние на операции штамповки листового металла.

Повышение штампуемости материалов позволяет уменьшить количество проходов при волочении и гибке, затыжке и гибке, уменьшить количество и высоту обечаек в изделиях после волочения, тем самым повысить коэффициент использования металла и снизить себестоимость продукции за счет уменьшения количества или количества штампов. В работе [4] были проанализированы различные материалы из листового металла для производства кузовных деталей, включая сталь и алюминиевые сплавы. При этом внимание уделяется не только механическим и эксплуатационным свойствам материалов, традиционно интересующим инженеров, создающих технологии, но и технологическим свойствам, удешевляющим технологические процессы обработки алюминиевых листовых сплавов по сравнению с стали.

Пригодность тонких листов и слоистых композитов к получению из них деталей методами листовой штамповки зависит от многих факторов, основными из которых являются схемы напряженно-деформированного состояния, форма и размеры заготовок, а также их структурно-фазовое состояние. Так, мягкие материалы с низким сопротивлением деформированию и высокой пластичностью имеют хорошую способность к формоизменению в вытяжных и гибочных операциях. Однако мягкие материалы могут иметь неравномерное утонение, гофрообразование по причине высокой пластичности и налипать на стальной штамп. Нагартованные листы имеют высокую анизотропию, что приводит к появлению повышенной фестонистости вытянутых изделий, большим значениям пружинения и минимального радиуса гибки. Это вызывает необходимость усложнения технологического процесса листовой штамповки и способа раскроя

листов, увеличению количества переходов, что снижает коэффициент использования металла и увеличивает себестоимость изделий.

Повышение прочности листов за счёт легирования приводит к снижению пластичности, увеличению усилия деформирования, но вместе с тем уменьшается налипание металла на штамп и снижается гофрообразование. Однако при этом снижаются предельные характеристики формоизменения. Для одной и той же марки материала может быть сформирован довольно широкий спектр механических и технологических свойств в зависимости от сочетания режимов прокатки листов, их промежуточной и окончательной термообработки. Другими словами, формируя различные структурные состояния листа, можно достигать высоких параметров штамповки.

На практике пластичность листовых материалов чаще всего оценивают с помощью технологического теста Эриксона. Однако тест Эриксона не учитывает такие свойства материала, как упругая упругость или минимальный радиус изгиба, упрочнение прессуемого материала при резании и другие параметры, поэтому исследования в области прессования, литья и других процессов продолжаются, предлагается его оценка.

## 1.2 Энтропийная концепция пластичности

Структурный подход к описанию свойств деформируемого металла. Разные уровни строения металлов влияют на их физико-механические и технологические свойства, но их учет трудоемок и не всегда технически обоснован. Поэтому для удобства анализа металлургов и материаловедов структура разделена по 21 масштабному фактору на макроструктуру, микроструктуру, мезоструктуру и позднее наноструктуру. На каждом уровне шкалы существуют и действуют свои количественные признаки структуры. Таким образом, на макроуровне количественными характеристиками структуры может служить ориентация зерен или волокнистая структура структуры, так называемая металлографическая текстура [2, 3]. На микроуровне существуют такие характеристики, как размер микрочерен, угол смещения зерен и многие другие. Мезонный уровень структуры можно представить с помощью плотности дислокаций и дисклинаций, доменов и диполей.

С развитием структурных методов и средств исследования металлов эта классификация структурных уровней может быть расширена. Помимо количественных характеристик, существуют и качественные. Например, микроструктура ледебурита или мартенсита в сталях, форма и количество  $\alpha$ - и  $\beta$ -фаз в титановых сплавах, состав фаз алюминиевых сплавов и способ армирования композиционных материалов. Для оценки доли их влияния на свойства в последние десятилетия в материаловедении появились вероятностные структурные признаки. Они позволяют учитывать статистический характер процессов, происходящих в металле при его обработке.

Примером количественной связи между структурой и свойствами материалов является экспериментальное выражение Холла-Петча:  $\sigma = a + b \cdot d^{-0,5}$ , где  $a$  и  $b$  - экспериментально определяемые показатели для каждого материала,  $d$  - средний размер частиц. Эта ассоциация обсуждается более подробно в разделе 1.4 настоящего исследования. Следует отметить, что коэффициент Холла-Петча не учитывает закалку, температуру нагрева и ряд других параметров. Тем не менее, его можно использовать для рекристаллизованных металлов с размерами частиц в диапазоне 10-5...10-1 мкм, что является типичным диапазоном размеров для большинства материалов с поликристаллической структурой. Аналогичные эмпирические зависимости устанавливаются между прочностными свойствами и плотностью дислокаций с использованием коэффициента Пуассона, модуля сдвига  $\mu$ , вектора Бюргерса [5]. Однако эти выражения не учитывают многофакторный характер механизмов упрочнения, проявляющихся по-своему на разных структурных уровнях.

### Список использованной литературы

1. Фриндландер И.Н. Алюминиевые деформируемые конструкционные сплавы. М.: Металлургия, 1979. 208с.
2. Фриндландер И.Н., Систер В.Г., Грушко О.Е., Шевелева Л.М. Алюминиевые сплавы - перспективный материал в автомобилестроении // МиТОМ. 2002. №9. С.3-9.
3. Гришечкин Н.И., Ковтаев Е.Е. Применение алюминиевых и титановых сплавов в автомобилестроении // Цветные металлы. 1997. №2. С. 58-60.
4. Аверкиев А.Ю. Методы оценки штампуемости листового металла. М.: Машиностроение, 1975. 175с.
5. Горелик, С. С. Рентгенографический и электрооптический анализ [Текст]: практическое руководство / С.С. Горелик, Л.Н. Расторгуев, Ю.А. Скаков. - М.: Металлургия, 1970. - 366 с.
6. Диссертация на соискание учёной степени доктора технических наук Носова Е.А. Формирование в листах алюминиевых сплавов при термической и деформационной обработке упорядоченной структуры для

повышения их штампуемости, Специальность 2.6.17. Материаловедение, Самара, 2022

7. ГОСТ 4784-74. Алюминий и сплавы алюминиевые деформируемые. Марки [Текст] / Введ. 1974. – М.: Изд-во стандартов, 1974. – 32 с.
8. ГОСТ 1497-84. Металлы. Методы испытаний на растяжение [Текст] / Введ. 1984-01-01. – М.: Изд-во стандартов, 1984. – 25 с.
9. Дубарев, Е. Ф. Микроскопическая деформация и предел текучести поликристаллов [Текст] / Е. Ф. Дубарев. – Томск: Изд-во Томского ун-та, 1988. – 256 с.
10. Колачев, Б. А. Металловедение и термическая обработка цветных металлов и сплавов [Текст] / Б.А. Колачев, В.И. Елагин, В.А. Ливанов. – М.: МИСиС, 1999. – 416 с.
11. Bobruk, E.V. The effect of ultrafine-grained states on superplastic behavior of Al-Mg-Si alloy / E.V. Bobruk, Z.A. Safargalina, O.V. Golubev, D. Baykov, V.U. Kazykhanov // Mater. Lett. - 2019. - Vol. 25515. - Article 126503.
12. Клепиков, Ю.М. Поведение листовой стали в процессе вытяжки при малооперационном технологическом процессе изготовления деталей / Ю.М. Клепиков // Металлообработка. - 2001. - № 1(1). - С. 62-65.
13. Колбасников, Н.Г. Моделирование и управление структурой и свойствами материалов в процессах термомеханической обработки / Н.Г. Колбасников, А.А. Наумов – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2015 – 273 с.
14. Гречников Ф. В. Влияние термической обработки на деформацию отдельных фаз в сплавах АМг10 и Д16 / Ф. В. Гречников, Е. А. Носова, О. Г. Савельева // Вестник Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнёва. Часть II. – Красноярск. – 2009.- №1 (22). – С. 87 – 90
15. Cheng, Ch.-Y. Physical metallurgy of concentrated solid solutions from low-entropy to high-entropy alloys / Ch.-Ya. Cheng, Y.-Ch. Yang, Y.-Zh. Zhong, Y.-Y. Chen, T. Hsu, J.-W. Yeh // Current Opinion in Solid State and Materials Science. - 2017. - 21. – P. 299-311.
16. Физическое материаловедение. Вып.3 / Ред.Р. Кан Пер. с англ. М.: Мир, 1968. - 484 с.
17. Григорьев, А.К. Структурообразование при пластической деформации металлов/ А.К. Григорьев, Н.Г. Колбасников, С.Г. Фомин - СПб.: СПбГУ, 1992. - 244 с.
18. Su, L. Shear texture gradient in AA6061 aluminum alloy processed by accumulative roll bonding with high roll roughness / L. Su, C. Lu, A. A. Gazder, A. A. Saleh, G. Deng, K. Tieu, H. Li // Journal of Alloys and Compounds. – 2014. - 594. - P. 12-22.
19. Shuai, L.F. Development of Goss texture in Al-0.3%Cu annealed after heavy rolling / L.F. Shuai, T.L. Huang, G.L. Wu, X. Huang, O.V. Mishin // J. Alloys Compd. - 2018. - 749. -P. 399-405.
20. Betsofen, S. Phase composition, texture and mechanical properties of 80 mm plates of Al-2.8Cu-1.7Li-0.5Mg-0.5Zn-0.1Zr-0.06Sc alloy / S. Betsofen, M. Knyazev, M.Dolgova, V. Antipov // Mat.Sci.Forum. - 2017. - Т. 877. - С. 290-295
21. Бецофен, С.Я. Исследование фазового состава, текстуры и анизотропии свойств листов из сплавов системы Al-Cu-Li-Mg / С.Я. Бецофен, В.В. Антипов, Н.Ю. Серебренникова, М.И. Долгова, Ю.А. Кабанова // Деформация и разрушение материалов. - 2017. - № 1. - С. 24-30.

*Эта часть работы выложена в ознакомительных целях. Если вы хотите получить работу полностью, то приобретите ее воспользовавшись формой заказа на странице с готовой работой:*

<https://stuservis.ru/vkr/287914>