



Preparation of Compacts from Aluminum Alloys and Study of the Influence of Thermodeformation Parameters on Their Mechanical Properties

Stoyan VELEV

Institute of Metal Science, Equipment and Technologies
with Hydro- and Aerodynamics Centre “Acad. A. Balevski”,
Bulgarian Academy of Sciences,
67, “Shipchenski prohod” Blvd, 1574 Sofia, Bulgaria,
e-mail: tony_velev@abv.bg

Abstract.

The creation and study of the properties of nanocomposites is becoming increasingly important. To solve this problem, emphasis is mainly placed on selecting the compacting parameters so as to preserve the super-small grain structure of the material.

Keywords: nanocomponies, microstructure, compacting

Получаване на компакти от алуминиеви сплави и изследване на влиянието на термодформационните параметри върху механичните им свойства

Стоян ВЕЛЕВ

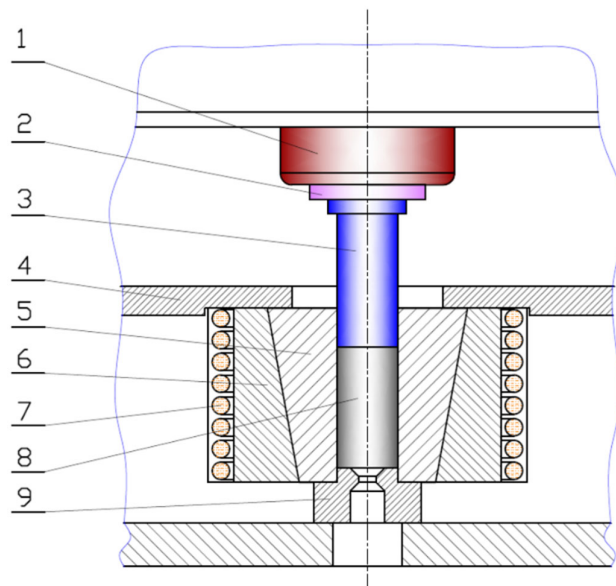
1. Увод

Известните изследвания за сплав със състав Al – 7,5% Fe – 2,2% Si – 1,03% V и за някои видове алуминиеви сплави са сравнително малко. Това са сплави, намиращи приложение при производство на детайли от самолетостроенето, военната индустрия и други.[1-7] Целта на настоящата работа е да се проучат и изследват влиянията, които оказват върху заготовки на алуминиеви сплави с микрокристална структура, изходния материал и параметрите на компактиране. Основен акцент се поставя върху влиянието на тези два фактора върху механичните показатели и структурата на получените заготовки.

Деформационният подход е изостатично студено компактиране (пресоване) с последваща гореща екструзия. Процесът на изостатично студено компактиране (пресоване) се извършва на хидравлична преса PUE-250 SS с помощта на поансон. Проектиран е специален инструмент, с помощта на който заготовката е с краен диаметър 40 mm. Средното натоварване е 250 t тона, което гарантира налягането в прескамерата да бъде 5000 atm. Силата на пресоване се отчита по измервателния прибор на хидравличната преса с точност $\pm 5t$ тона. Тези стойности позволяват да се получи плътност на материала приблизително 75 % от табличната за тази алуминиева сплав. За провеждане на процеса на гореща екструзия е използвана пресформа със собствен нагревател. Температурата се поддържа с помощта на терморегулатор. Този втори етап от процеса на компактиране се осъществява чрез право пресоване, като заготовката се нагрива до температура от 0,8 – 0,85 T_T (T_T – температура на топене на сплавта) и се задържа в пресформата 20 минути (фиг.1). Целта е темпериране на цялата система и

обезгазяване на предварително пресованото пробно тяло. Процесът се извършва при налягане от 4000 – 5000 атм. За намаляване на триенето при пресоването се използва специална смазка от колоиден графит, разтворен в масло „вапор“.

Избраните параметри на компактиране позволяват да се оптимизира процесът като се запази дребнозърнестата структура на материала. Също така при така избрания режим се постига една сравнително добра пластичност, съчетана с висока плътност на компактираните сплави.

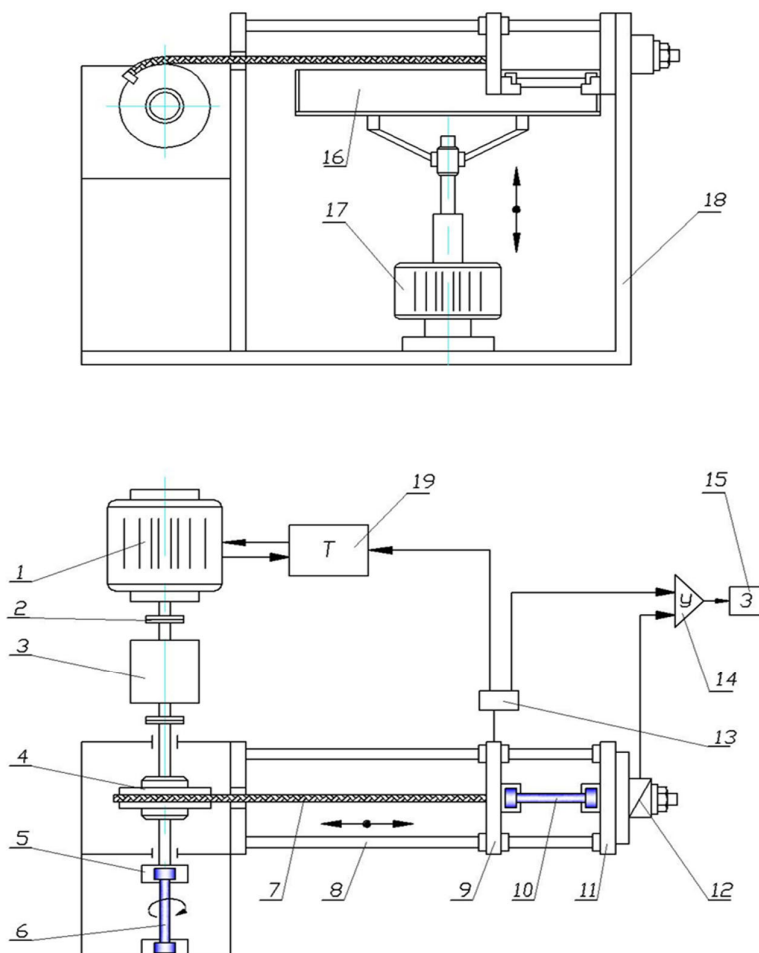


Фиг.1 Схема за получаване на кръгли заготовки чрез право пресоване
 1.Бутало; 2. Изолационна подложка; 3. Поансон; 4. Фланец; 5. Контейнер; 6. Бандаж;
 7. Нагревателна система; 8. Заготовка; 9. Матрица

2. Опитна установка

Създадена е специална установка за изпитване на опън, показана на фиг.2. Чрез нея се определят напрежението на течение σ и коефициентът на скоростно уякчаване m . Ще бъдат извършени и някои други експерименти, изискващи постоянна скорост на деформацията $\dot{\epsilon}$, както и за фиксиране структурата на пробните тела при режими на свръхпластична деформация. Електрозадвижването се осъществява посредством високомоментен електродвигател за постоянен ток с *позиция 1*, който посредством редуктор (планетарен) *позиция 3*, задвижва верижно колело 4 и оттам веригата 7. През нея въртеливото движение се превръща в праволинейно постъпателно движение на челюсти *позиция 9*. Челюстите (подвижна и неподвижна) са разположени на две успоредни колони *позиция 8*, които са закрепени неподвижно към стойката на машината *позиция 18*. Те осигуряват работен ход до 550 mm. Подвижната челюст извършва постъпателно движение, водена от колоните, а неподвижната челюст *позиция 11* е закрепена в горната част на колоните, като посредством специален болт предава усилието към датчик *позиция 12*. Той превръща опъновото усилие в електрически сигнал който се предава към усилвател *позиция 14* и записващо устройство *позиция 15*. Приложената сила върху пробното тяло *позиция 10* е във функция на времето или деформацията. За да бъде регистриран и измерен хода на работната челюст *позиция 9*,

т.е. деформацията (удължението) на пробното тяло, към нея е закрепен датчик *позиция 13*. Установката разполага с нониус (закрепен на специална стойка), а на работната челюст има монтиран показалец. При движението им един спрямо друг се отчита и контролира визуално хода на работната челюст.



Фиг.2. Схема на опитната установка

Установката дава възможност за поддържане постоянна скорост на деформация в диапазона от $10^{-5} \div 10^{-1} \text{ s}^{-1}$, а също така и изменението и да става безстепенно в посочения интервал. За да бъде осъществена тази постоянна скорост на деформация, сигналът от датчика *позиция 13* се подава на специално тиристорно устройство *позиция 19* (електрически вентил), което променя ъгловата скорост на електродвигателя *позиция 1* в зависимост от движението на подвижната (работна) челюст.

При монтиране на пробното тяло в челюстите на установката се използват специални приспособления (сменяеми носачи). Те могат да се използват за образци с различни размери.

По време на изпитването пробното тяло *позиция 10* трябва да бъде с еднаква температура. За целта в установката е проектирана вана с течност *позиция 16*, в която се потапя пробното тяло по време на натоварването. Посредством електронен

терморегулятор температурата на течността се поддържа в необходимите граници, а с помощта на хидравлично транспортно устройство, ваната може да извърши възвратно постъпателно движение, благодарение на което става потапянето на пробното тяло в течността. Тази конструкция на изпитателната установка дава възможност за изпитания и при криогенни температури както и във въздушна среда. При работа с летливи топлопредаващи среди е предвидена защита на работника със специално проектиран защитен екран и аспиратор. За да бъде извършено закаляване по време на натоварването (закаляване под товар), ваната *позиция 16* се отвежда от пробното тяло и на нейно място се поставя вана с охлаждаща течност.

Предвидена е възможност и за изпитания на пробните образци на усукване. За целта на вала на верижното колело *позиция 4* е монтирана специална захващаща челюст *позиция 5*, в която се позиционира единия край на пробния образец *позиция 6*, а другият му край е неподвижно закрепен (фиксиран). На челюстта е разположен показалец, който при натоварване (усукване) показва ъгъла на усукване върху неподвижно закрепен нониус. Установката притежава електронна и механична система на защита на силовата част от претоварване.

Основни параметри на опитната установка:

- Конструктивна възможност на установката за реализиране изпитвания на опън и на усукване;
- Възможност за движение с постоянна скорост на работната челюст. Поддържане на постоянна скорост на деформация $\dot{\epsilon}$ в диапазона от $10^{-5} \div 10^{-1} \text{ s}^{-1}$ и възможност за безстепенно регулиране на тази скорост;
- Моментно изменение на скоростта;
- Измерване и записване на усилията на опън или усукване приложени върху пробното тяло;
- Възможност за работен ход от 550mm;
- Максимално натоварване до 50 kN;
- Възможност за нагряване на пробното тяло в среди с различна топлопредавателна възможност;
- Закаляване на образца под товар;
- Измерване и регистриране на хода на подвижната челюст (деформацията на пробното тяло) във всеки един момент;
- Използване на сменяеми носачи (захвати) и оттам възможност за изпитване на плоски и кръгли образци с различни размери;
- Електронна и механична защита на силовата част на системата от претоварване.

3. Апаратура

Използваната изследователска апаратура е инвертен, светлинен, оптичен металографски микроскоп „ReichertMeF2” за микроскопски анализи на метални, керамични, полимерни и композитни материали (фиг.3). С негова помощ е изследвана структурата на получените сплави като е използвана видеокамерата, с която разполага микроскопа и възможността на този модел за компютърна обработка на данните. За директно измерване размерите на отделни фрагменти от структурата е използван вградения нониус.



Фиг. 3

За целта на изследването е използвана алуминиева сплав със състав: 7,5% Fe - 2,2% Si - 1,03V - Al.

Праховият материал от алуминиевата сплав е получен на хоризонтална установка, като с газ под налягане 5atm стопилката се разпръсква чрез дюза в камера с размери 8 x 3 x 2 метра.

Големият обем на камерата позволява праховите частици да кристализират преди да се утаят на дъното и. Полученият метален прах беше разделен чрез ситов анализ на три фракции – табл. 1.

Таблица 1

№ на сплавта	Среден размер на праховите частици μm^2	Максимален размер на интерметалната фаза μm^2
1	77	8,1
2	155	9,3
3	400	18,4

Лентовият материал е получен чрез затвърдяване от стопилка, която се подава чрез кварцова дюза върху периферията на бързо въртящ се водоохлаждаем диск. Разстоянието между края на дюзата и периферията на диска е 0,4 mm, като дюзата е наклонена спрямо вертикалата на 10° .

Компактирането на двата вида материал е извършено на хидравлична преса с помощта на специално разработена пресформа за прахово пресоване. Деформационната технология е двустепенна. Първоначално материала се пресова изостатично при специфично налягане 5000 atm и стайна температура за получаване на изходна заготовка за последваща гореща екструзия. Тя се извършва при температура от 450 до 480 °C (с точност ± 5 °C) и степен на деформация 92%. За смазка е използвано високотемпературно масло “VAPOR”.

Микроструктурите на трите пресовани фракции от прах са показани на фиг. 1, а от лента – на фиг. 2.

От фиг. 5 може да се установи, че в лентовия материал отделянията са с размери много под 1 μm ($\sim 0,30$ μm), а в праховия материал са със среден размер ~ 5 μm .

Чрез предварителни експерименти беше установено, че за да не се удрява при деформационната обработка материала трябва да се пресова при температура 470 °C и време за темпериране max 20 min.

От компактираните прътови заготовки с размер на сечението $\varnothing 12 \text{ mm}$ бяха изработени петкратни пробни образци за механични изпитвания с диаметър на работната част 5 mm .

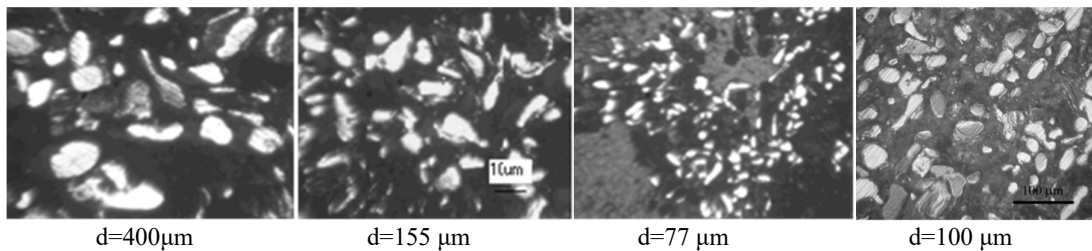
Изпитванията на едноосен опън са осъществени на машина Амслер-Amsler & Co Инвентарен №599/545 на ИМСТЦХА-БАН.

В табл. 2 са показани стойностите на пластичността, оценявани по данните за относително удължение до разрушаване δ_5 и якостта на опън σ_B .

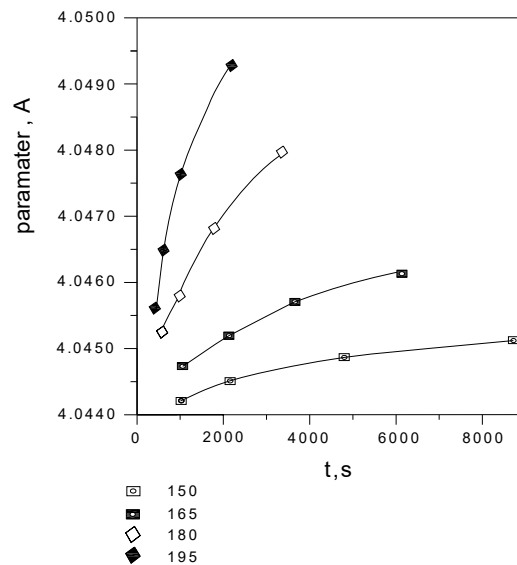
Таблица 2

№ на сплавта	$\delta_5, \%$	$\sigma_B, \text{kg/mm}^2$
1	4,6	39,8
2	9,5	27,2
3	3,2	24,8
лента	4,0	40,5

Опитно беше осъществено компактиране на прах с още по-ситна фракция ($50 \mu\text{m}^2$) при същите технологични условия. Образци от тази фракция показаха показатели: $\sigma_B = 40,1 \text{ kg/mm}^2$ и $\delta_5 = 3,9\%$.



Фиг. 5



Фиг. 6. Нарастване на параметъра на решетката алуминиевата матрица в микрокристалната AlSi11 сплав при температури на изотермично отгряване 150, 165, 180 и 195°C.

Изменението на параметъра на решетката може да се използва за изследване на кинетиката на структурните промени в микрокристалното състояние. На фиг.6 са показани експериментални данни, получени при четири температури в интервала $150 \div 195^\circ\text{C}$.

4. Изводи

Получените данни показват, че по-дребнозърнест начален материал е предпоставка за по-дребнозърнести компактирани заготовки. От своя страна по-дребнозърнестата структура гарантира по-висока якост и по-ниска пластичност на компактираната сплав.

Заготовките от изследваната алуминиева сплав, компактирани от първоначален лентов материал притежават сравнително по-добри механични свойства от тези, получени от първоначален прахов материал. Това се дължи най-вероятно на факта, че лентовата сплав е с по-малка повърхност и от там с по-малко окиси, получени в процеса на кристализация. По-малкото повърхностни дефекти от своя страна са предпоставка за по-бездефектни компактирани заготовки.

Все пак при близки стойности на едрината на структурата на лентовата и праховата сплав се получават сравними стойности на механичните показатели на компактираните заготовки с лек превес на тези, получени от първоначален лентов метал (табл. 2).

Получаването на заготовки чрез компактиране на микрокристални сплави осигурява по-голяма хомогенност по отношение на твърдостта на получените изделия.

Литература

1. McCandlish L. E., Kear B. H., Kim B. K., Nanostruct. Mater. V. 1, No. 1. P. 119.
2. Wu L., Lin J., Kim B. K. et al., Proc. of the 13th Inter. Plansee Seminar/Eds. H. Bildstein and R. Eck. Reutte, 1993. V. 3. P. 667.
3. Fang Z., Eason J. W., Proc. of the 13th Inter. Plansee Seminar / Eds. H. Bildstein and R. Eck. Reutte, 1993. V. 3. P. 625.
4. Seegopaul P., McCandlish L. E., Shinneman F. M., Inter. J. Refr. Met. and Hard Mater. 1997. V. 15, No. 1-3. P. 133.
5. Fecht H.-J., Nanostruct. Mater. 1995. V. 6, No. 1-4. P. 33.
6. Andrievski R. A., Kalinnikov G. V., Potafeev A. F. et al., Nanostruct. Mater. 1995. V. 6, No. 1-4. P. 353.
7. Andrievski R. A., Kalinnikov G. V., Potafeev A. F. et al., Nanostruct. Mater. 1995. V. 6, No. 1-4. P. 353.