

(19)



URZĄD  
PATENTOWY  
RZECZYPOSPOLITEJ  
POLSKIEJ

(10)

**PL 248064 B1**

(12)

# Opis patentowy

- (21) Numer zgłoszenia: **444497**  
(22) Data zgłoszenia: **2023.04.20**  
(43) Data publikacji o zgłoszeniu: **2024.10.21 BUP 43/2024**  
(45) Data publikacji o udzieleniu patentu: **2025.10.13 WUP 41/2025**

- (51) MKP:  
**C22F 1/04** (2006.01)  
**C22F 1/047** (2006.01)  
**C22F 1/057** (2006.01)  
**B22D 11/00** (2006.01)  
**B22D 11/04** (2006.01)  
**C22C 1/02** (2006.01)

|  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|--|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  | <p>(73) Uprawniony z patentu:<br/><b>AKADEMIA GÓRNICZO-HUTNICZA<br/>IM. STANISŁAWA STASZICA W KRAKOWIE,<br/>Kraków, PL</b></p> <p>(72) Twórca(-y) wynalazku:<br/><b>WOJCIECH ŚCIEŻOR, Kraków, PL<br/>ANDRZEJ MAMAŁA, Kraków, PL<br/>PAWEŁ KWAŚNIEWSKI, Wieliczka, PL<br/>GRZEGORZ KIESIEWICZ, Kraków, PL<br/>SZYMON KORDASZEWSKI, Kosmolów, PL<br/>RADOSŁAW KOWAL, Pilica, PL<br/>KRYSTIAN FRANCZEK, Prusy, PL</b></p> <p>(74) Pełnomocnik:<br/><b>rzecz. pat. Cezary Radecki, Częstochowa, PL</b></p> |
|--|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

- (54) Tytuł:  
**Sposób wytwarzania profili odlewanych ze stopu Al-Cu-Mg**

## Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest sposób wytwarzania profili odlewanych ze stopu Al-Cu-Mg przeznaczony do stosowania w przemyśle metalurgicznym. Profile wytworzone sposobem według wynalazku dzięki swoim wysokim własnościom mechanicznym i obniżonej masie będą miały zastosowanie zwłaszcza jako elementy konstrukcyjne, przemysłu motoryzacyjnego i transportowego.

Ze stanu techniki znane są różne sposoby wytwarzania prętów i wyrobów po przeróbce plastycznej z wykorzystaniem odlewania grawitacyjnego stopów Al-Cu-Mg. Z kolei niekonwencjonalne procesy ich otrzymywania przewidują zastosowanie metod SPD czy technik przyrostowych. W praktyce przemysłowej obserwuje się wysoki odsetek wad materiałowych to jest mikropęknięcia, wcięcia czy obwódki gruboziarniste powstałe w wyrobach w efekcie stosowania tradycyjnych technologii ich wytwarzania.

Konwencjonalna, najczęściej stosowana technologia wytwarzania profili z aluminium oraz jego stopów do dalszej przeróbki plastycznej lub obróbki mechanicznej obejmuje następującą ścieżkę technologiczną: odlewanie wielkogabarytowych wlewków i ich studzenie, proces długoczasowego wygrzewania wlewków tak zwanej homogenizacji oraz ich studzenie, ponowne nagrzewanie wlewków przed procesem wyciskania oraz następującego po nim procesu wyciskania prętów, wygrzewania ujednolniającego i przesycania oraz obróbki cieplnej w postaci starzenia naturalnego lub sztucznego w celu uzyskania wymaganych, stabilnych własności materiału. Pomimo, iż technologia ta pozwala na uzyskanie profilu o określonej geometrii charakteryzującego się wysokim zespołem własności mechanicznych, drobną równoosiową strukturą oraz odpowiednią plastycznością technologiczną, jest równocześnie technologią niezwykle energochłonną oraz kosztowną. W przypadku odlewania wlewków o średnicach 200 mm – 300 mm bardzo często pojawia się zjawisko dużej segregacji dodatków stopowych na jego przekroju poprzecznym oraz pęknięcia materiału w środkowej części wlewka, co jest skutkiem warunków krystalizacji występujących w tym procesie. Kolejny etap wytwarzania profili stanowiący proces wyciskania generuje duże koszty związane z wielokrotnym procesem nagrzewania wlewka, kosztem wytworzenia matryc oraz ich regeneracji. Dodatkowo w procesie wyciskania zawsze pojawia się tzw. piętko, która stanowi odpad technologiczny procesu.

Znany jest z opisu patentu europejskiego EP1945825B1 sposób wytwarzania wyrobu ze stopu aluminium o wysokiej wytrzymałości i wysokiej odporności na pękanie oraz wysokiej odporności na korozję międzykrystaliczną. Prezentowane w zgłoszeniu stopy przeznaczone są m.in. do lotniczych zastosowań. Zastosowane dodatki stopowe w postaci Cu, Mg i Ag w ilości odpowiednio Cu od 4,1 do 5,5%, Mg od 0,3 do 1,6% Mn od 0,14 do 0,8%, Ag <0,7% oraz Ti, Zr, Fe, Si pozwalają uzyskać stop odznaczający się również wysoką odpornością na korozję złuszczącą i odporność na pękanie korozyjne naprężeniowe. Proces otrzymywania przewiduje następujące etapy: odlewanie wlewka, homogenizacja, obróbka na gorąco, walcowanie, wytłaczanie i obróbka na zimno.

Znany jest z amerykańskiego opisu patentowego US7494552B2 sposób wytwarzania stopu aluminium-miedź o wysokiej ciągliwości i podwyższonej wytrzymałości. Produkt walcowany otrzymany niniejszym sposobem posiada następujący skład chemiczny Cu 4,5–5,5% wag., Mg 0,5–1,6% wag., Mn <0,8% wag., Zr <0,18% wag., Cr i Fe korzystnie <0,1% wag. Odporność cieplna półproduktów ze stopu Al-Cu-Mg-Si daje wyrób w stanie T3 a zwłaszcza w stanie T39 lub T351, 22 o finalnej grubości od 25 do 50 mm z przeznaczeniem na kadłub samolotu lub arkusz członu dolnego skrzydła samolotu. Sposób obejmuje odlewanie wlewka, homogenizację i wstępne ogrzewanie wlewka po odlewaniu, odkształcanie na gorąco wlewka i walcowanie na zimno, hartowanie uzyskanego wyrobu poddanego obróbce cieplnej, rozciąganie schłodzonego wyrobu, a następnie naturalne starzenie walcowanego i poddanego obróbce cieplnej wyrobu.

Znany jest z europejskiego zgłoszenia patentowego EP3638820A1 sposób wytwarzania aluminium stopu żyłyskowego nadającego się do odkształceń plastycznych zawierający od 0,05 do 7% wagowych miedzi oraz do 3% wagowych rozdrabniacza ziarna Al-Ti-B. W sposobie jako proces odlewania zastosowano proces ciągłego odlewania. Zastosowana szybkość chłodzenia w procesie odlewania wynosiła od 5 do 300 K/sek, a stop poddano co najmniej jednej obróbce cieplnej w temperaturach od 200°C do 400°C w trakcie kolejnych procesów formowania. Obróbka cieplna wyrobu odbywała się w procesie walcowania.

Znany jest z opisu patentu europejskiego EP3080318B1 sposób wytwarzania wyrobów ze stopów aluminium-miedziowo-litowych o ulepszonych właściwościach zmęczeniowych. Stop według wynalazku jest odlewany metodą pionowego odlewania półciąglęgo i zawiera miedź w ilości 3,0–3,9% wagowych, lit w ilości 0,71,3% wagowych, magnez w ilości 0,1–1,0% wagowych oraz co najmniej jeden pier-

wiastek z grupy: cyrkon, mangan, tytan. Sposób obejmuje homogenizowanie przed lub po obróbce wyrobu w postaci płyty w celu uzyskania wymaganego kształtu, odkształcanie na gorąco i na zimno wspomnianego wyrobu, a po homogenizowaniu wyrobu poddanie go obróbce plastycznej i hartowaniu.

Znany jest z japońskiego opisu zgłoszeniowego wynalazku JPH07252574A sposób wytwarzania stopu Al-Cu-Mg o doskonałej ciągliwości. Sposób według wynalazku prowadzi się przy zachowaniu temperatury równej lub wyższej niż temperatura walcowania na gorąco. Odlany w procesie odlewania ciągłego wyrób doprowadza się do temperatury walcowania na gorąco i przesyła do walcowania na gorąco. Stop uzyskany sposobem według wynalazku zawiera miedź w ilości 2 to 7% wagowych i magnez w ilości 0,2 to 2,5% wagowych.

Znany jest z amerykańskiego opisu patentowego US6569542B2 sposób wytwarzania elementu konstrukcyjnego skrzydła samolotu wytwarzanego z produktu walcowanego, wyciskanego lub kutego ze stopu Cu-Al z dodatkiem Mg, Mn, Si, Fe, Zn, Cr. Proces wytwarzania przewiduje ciągle odlewanie wlewków, homogenizacja, przeróbkę plastyczną na drodze kucia, przesycanie, hartowanie i starzenie, co pozwala na wzrost finalnej wytrzymałości wyrobu. Stop Al-Cu-Mg posiada następujący skład chemiczny: Cu od 4,6 do 5,3% wag., Mg od 0,1 do 0,5% wag., Mn od 0,15 do 0,45% wag., Zr poniżej 0,20% wag. resztę stanowią aluminium, pierwiastki śladowe i zanieczyszczenia.

Celem wynalazku jest opracowanie efektywnego produkcyjnie przy jednocześnie zmniejszonych nakładach finansowych sposobu wytwarzania profili odlewanych ze stopu Al-Cu-Mg o wysokiej podatności do przeróbki plastycznej.

Istota sposobu wytwarzania profili odlewanych ze stopu Al-Cu-Mg o zawartości miedzi w ilości 3–4,5% wag., w którym do znajdującego się w piecu odlewniczym ujednorodnionego chemicznie wsadu dodaje się modyfikator struktury wsadu w postaci zaprawy aluminiowo-tytanowo-borowej, a zmodyfikowany wsad pozostawia się w piecu odlewniczym do ujednorodnienia jego składu chemicznego, przy czym wsad w piecu odlewniczym w postaci ciekłego metalu posiada temperaturę 780°C – 840°C, natomiast odlewanie ciekłego metalu prowadzone jest w sposób ciągły, a odlane profile poddaje się procesowi przeróbki plastycznej i hartowaniu, polega na tym, że złom aluminiowy, złom magnezowy i złom miedziany stanowią 100% wag. wsadu, a zawartość magnezu w stopie wynosi od 3 do 6% wag., z kolei ujednorodnienie składu chemicznego wsadu w piecu odlewniczym po dodaniu modyfikatora struktury wsadu trwa od 5 do 10 minut przy czym zawartość tytanu w modyfikatorze struktury wsadu wynosi 600–1000 ppm. objętości wsadu, natomiast proces odlewania ciągłego prowadzi się przy posuwie odlewu wynoszącym 8–12 mm i przy 2–5 s czasu postoju, a wydatek cieczy chłodzącej w procesie odlewania ciągłego w systemie pierwotnym wynosi od 0,12 do 0,3 l/min, zaś odlane profile schładza się do temperatury otoczenia i tną na odpowiednie długości po czym dwuetapowo podgrzewa, przy czym najpierw pocięte profile podgrzewa się w piecu do obróbki cieplnej przez 60 do 120 minut w temperaturze 450°C, a następnie podgrzewa się je przez 20 do 30 minut w temperaturze 490°C – 500°C, po czym profile poddaje się od procesowi kucia na gorąco w temperaturze 490°C – 500°C ze stopniem przekucia od 1,1 do 2,4, a uzyskane w procesie kucia odkuwki schładza się w wodzie do temperatury otoczenia, następnie odkuwki poddaje się procesowi starzenia sztucznego w temperaturze 190–215°C w czasie od 3–14 godzin z chłodzeniem na powietrzu.

Istotną zaletą niniejszego wynalazku jest uproszczenie technologii i wyeliminowanie z procesu wytwarzania etapów takich jak odlewanie półciągłe wielkogabarytowych wlewków, wyciskanie a także wszystkich operacji im towarzyszących, co pozwoliło na istotne obniżenie energochłonności oraz materiałochłonności procesu oraz skrócenie cyklu produkcyjnego ograniczając finalnie koszty potencjalnej wielkoseryjnej produkcji.

Istotną zaletą wynalazku jest również wykorzystanie do produkcji materiałów złożonych w 100% ze złomu zawierającego składniki stopowe co przyczynia się do lepszego zagospodarowania materiałów odpadowych odzyskując jednocześnie surowce wtórne do produkcji wyrobów na bazie stopów Al-Cu-Mg, przyczyniając się tym samym do zwiększenia ochrony środowiska naturalnego.

Wyroby te dedykowane będą na materiał wsadowy do procesów kucia matrycowego oraz obróbki mechanicznej, a w dalszym etapie jako wyroby gotowe stosowane do przemysłu motoryzacyjnego, transportowego oraz na szereg zastosowań konstrukcyjnych.

Profil według wynalazku dzięki odpowiednio dobranym parametrom procesowym i właściwej proporcji Cu oraz Mg w stopie, w którym zawartość miedzi jest w ilości 3–4,5% wag a magnezu w stopie jest 3,1–6% wag spowodowało, że wytworzony wyrób po przeróbce plastycznej połączonej z odpowiednio dobraną sekwencją obróbki cieplnej charakteryzuje się wysokim zespołem własności wytrzymałościowych będących superpozycją umocnienia wydzieleniowego, roztworowego i odkształceniowego.

Cechą charakterystyczną wyrobów uzyskanych sposobem według wynalazku jest wysoki zespół własności mechanicznych oraz technologicznych wytworzonych wyrobów po przeróbce plastycznej, korzystna drobnoziarnista struktura oraz równomierny rozkład dodatków stopowych zarówno na przekroju poprzecznym, jak i długości otrzymywanego wyrobu uzyskany poprzez odpowiednio dobrany skład chemiczny oraz dzięki precyzyjnemu doborowi sterowalnych warunków opracowywanej technologii.

#### Przykład 1

Materiały składające się w 100% z miedzianego, aluminium i magnezowego złomu poddane zostały syntezie metalurgicznej z wykorzystaniem pieca indukcyjnego o mocy 15 kW. Zebrane materiały poddane zostały procesowi topienia w temperaturze 840°C i w osłonie gazu obojętnego w tyglu grafitowym wykonanym z grafitu izostatycznie prasowanego. Materiał wsadowy przewidywał następujące ilości składników: 4,07 kg złomu aluminium, 200 g złomu magnezu, 130 g złomu miedzianego. Po procesie topienia i mieszania zadanej ilości materiału pozostawiono ciekłą kąpiel na okres 23 min w celu ujednorodnienia składu chemicznego. Dodatkowo po tym czasie, do stopionych składników wprowadzono modyfikator struktury w postaci zaprawy AlTi5B1 tak, aby zawartość tytanu w objętości ciekłego metalu wyniosła 1000 ppm. Wsad z modyfikatorem struktury był pozostawiony w tyglu grafitowym przez 5 minut w celu ujednorodnienia jego składu chemicznego oraz skutecznego rozdrobnienia struktury.

Proces odlewania ciągłego prętów o kompozycji chemicznej AlCu<sub>4,5</sub>Mg<sub>3</sub> z wykorzystaniem krystalizatora grafitowego odbywał się w warunkach chłodzenia pierwotnego krystalizatora o wydajności 0,3 l/min. Proces odlewania obejmował następujące parametry: 8 mm posuwu przy czasie postoju 2 s. Otrzymane pręty o średnicy 15 mm. Ze stopu uzyskanego w ramach syntezy metalurgicznej pobrano próbki do badań własności mechanicznych, elektrycznych oraz fizycznych. W oparciu o przeprowadzone badanie określono wytrzymałość na rozciąganie oraz wydłużenie całkowite stopu AlCu<sub>4,5</sub>Mg<sub>3</sub>, gdzie wytrzymałość na rozciąganie osiągnęła wartość  $R_m = 278$  MPa, a wydłużenie  $A_{50} = 3,6\%$ . Na otrzymanych prętach przeprowadzono również badanie gęstości: 2,67 g/cm<sup>3</sup>, co świadczyło o braku porowatości utrzymanego materiału. Twardość w skali Brinell'a odlewów wyniosła 93 HB. Wyznaczone na drodze eksperymentalnej parametry procesu odlewania przyczyniły się do uzyskania niskiej chropowatości powierzchni  $R_a = 4$  µm, co świadczy o wysokiej jakości odlewu porównywalnego do wyrobów przerabianych plastycznie. W przypadku stopu AlCu<sub>4,5</sub>Mg<sub>3</sub> zastosowanie zaprawy AlTi5B1 pozwoliło uzyskanie wyroby o wielkości ziarna w granicach 150 µm.

Odlane profile ze stopu AlCu<sub>4,5</sub>Mg<sub>3</sub> schłodzone do temperatury otoczenia i pocięto na odpowiednie długości po czym dwuetapowo podgrzewano, przy czym najpierw pocięte profile podgrzewa się w piecu do obróbki cieplnej przez 120 min w temperaturze 450°C, następnie po podniesieniu temperatury o 50°C wygrzewa się je przez 30 min w 500°C. Następnie był prowadzony proces kucia na gorąco w temperaturze 500°C z wykorzystaniem środka smarowego w postaci azotku boru, ze stopniem przekucia 2,4. Po procesie przeróbki plastycznej odkuwki charakteryzowały się własnościami: 103 HV<sub>5</sub>, 93 HB oraz przewodnością elektryczną na poziomie 24,8 MS/m. Uzyskane w ten sposób odkuwki zostały schłodzone szybko w wodzie do temperatury otoczenia. Wyroby po procesie kucia poddano procesowi starzenia sztucznego w temperaturze 215°C w czasie 3 h.

Kuty element nie wykazywał pęknięć ani wad wewnętrznych uwidoczniionych na przekroju wzdłużnym elementu poprzez badania penetracyjno-barwne. Otrzymane wyroby odznaczają się drobnoziarnistą strukturą, w której wielkość ziarna nie przekracza 100 µm. Uzyskana korzystna drobnoziarnista struktura kutech elementów jest przede wszystkim efektem zastosowanej sekwencji przeróbki plastycznej i obróbki cieplnej w postaci parametrów wygrzewania i kucia. Wyroby po starzeniu sztucznym odznaczają się następującymi własnościami: twardość 159 HB, 168 HV<sub>5</sub> oraz przewodność elektryczna równa 21 MS/m.

#### Przykład 2

Materiały składające się w 100% z miedzianego, aluminium i magnezowego złomu poddane zostały syntezie metalurgicznej z wykorzystaniem pieca indukcyjnego o mocy 15 kW. Zebrane materiały poddane zostały procesowi topienia w temperaturze 780°C i w osłonie gazu obojętnego w tyglu grafitowym wykonanym z grafitu izostatycznie prasowanego. Materiał wsadowy przewidywał następujące ilości składników: 4 kg złomu aluminium, 264 g złomu magnezu, 130 g złomu miedzianego. Po procesie topienia i mieszania zadanej ilości materiału pozostawiono ciekłą kąpiel na okres 23 min w celu ujednorodnienia składu chemicznego. Dodatkowo po tym czasie, do stopionych składników wprowadzono modyfikator struktury w postaci zaprawy AlTi5B1 tak, aby zawartość tytanu w objętości ciekłego metalu wyniosła 600 ppm. Wsad z modyfikatorem struktury był pozostawiony w tyglu grafitowym przez 5 minut w celu ujednorodnienia jego składu chemicznego oraz skutecznego rozdrobnienia struktury.

Proces odlewania ciągłego prętów o kompozycji chemicznej  $\text{AlCu}_3,1\text{Mg}_6$  z wykorzystaniem krystalizatora grafitowego odbywał się w warunkach chłodzenia pierwotnego krystalizatora o wydajności 0,12 l/min. Proces odlewania obejmował następujące parametry: 12 mm posuwu przy czasie postoju 5 s. Otrzymane pręty o średnicy 14 mm. Ze stopu uzyskanego w ramach syntezy metalurgicznej pobrano próbki do badań własności mechanicznych, elektrycznych oraz fizycznych. W oparciu o przeprowadzone badanie określono wytrzymałość na rozciąganie oraz wydłużenie całkowite stopu  $\text{AlCu}_3,1\text{Mg}_6$ , gdzie wytrzymałość na rozciąganie osiągnęła wartość  $R_m = 268 \text{ MPa}$ , a wydłużenie  $A_{50} = 7,3\%$ . Na otrzymanych prętach przeprowadzono również badanie gęstości:  $2,79 \text{ g/cm}^3$ , co świadczyło o braku porowatości otrzymanego materiału. Twardość w skali Brinell'a odlewów wyniosła 83 HB. Wyznaczone na drodze eksperymentalnej parametry procesu odlewania przyczyniły się do uzyskania niskiej chropowatości powierzchni  $R_a = 5 \text{ }\mu\text{m}$ , co świadczy o wysokiej jakości odlewu porównywalnego do wyrobów przerabianych plastycznie. W przypadku stopu  $\text{AlCu}_3,1\text{Mg}_6$  zastosowanie zaprawy  $\text{AlTi}_5\text{B}_1$  pozwoliło uzyskanie wyroby o wielkości ziarna w granicach  $50 \text{ }\mu\text{m}$ .

Odlane profile ze stopu  $\text{AlCu}_3,1\text{Mg}_6$  schłodzone do temperatury otoczenia i pocięto na odpowiednie długości po czym dwuetapowo podgrzewano, przy czym najpierw pocięte profile podgrzewa się w piecu do obróbki cieplnej przez 60 min w temperaturze  $450^\circ\text{C}$ , następnie po podniesieniu temperatury o  $40^\circ\text{C}$  wygrzewa się je przez 20 min w  $490^\circ\text{C}$ . Następnie był prowadzony proces kucia na gorąco w temperaturze  $490^\circ\text{C}$  z wykorzystaniem środka smarnego w postaci azotku boru, ze stopniem przekucia 1,1. Po procesie przeróbki plastycznej odkuwki charakteryzowały się własnościami: 81,3 HV5, 78 HB oraz przewodnością elektryczną na poziomie 22,3 MS/m. Uzyskane w ten sposób odkuwki zostały schłodzone szybko w wodzie do temperatury otoczenia. Wyroby po procesie kucia poddano procesowi starzenia sztucznego w temperaturze  $190^\circ\text{C}$  w czasie 14 h.

Kuty element nie wykazywał pęknięć ani wad wewnętrznych uwidoczniomych na przekroju wzdłużnym elementu poprzez badania penetracyjno-barwne. Otrzymane wyroby odznaczają się drobnopięknoziarnistą strukturą, w której wielkość ziarna nie przekracza  $150 \text{ }\mu\text{m}$ . Uzyskana korzystna drobnopięknoziarnista struktura kutech elementów jest efektem zastosowanych parametrów wygrzewania i kucia. Wyroby po starzeniu sztucznym odznaczają się następującymi własnościami: twardość 138 HB, 142 HV5 oraz przewodność elektryczna równa 20 MS/m.

### Zastrzeżenie patentowe

1. Sposób wytwarzania profili odlewanych ze stopu  $\text{Al-Cu-Mg}$  o zawartości miedzi w ilości 3–4,5% wag., w którym do znajdującego się w piecu odlewniczym wsadu dodaje się modyfikator struktury wsadu w postaci zaprawy aluminium tytanowo-borowej, a zmodyfikowany wsad pozostawia się w piecu odlewniczym do ujednoludnienia jego składu chemicznego, przy czym wsad w piecu odlewniczym w postaci ciekłego metalu posiada temperaturę  $780^\circ\text{C} - 840^\circ\text{C}$ , natomiast odlewanie ciekłego metalu prowadzone jest w sposób ciągły, a odlane profile poddaje się procesowi przeróbki plastycznej i hartowaniu, **znamienny tym**, że złom aluminium, złom magnezowy i złom miedziowy stanowią 100% wag. wsadu, a zawartość magnezu w stopie wynosi od 3 do 6% wag., z kolei ujednoludnienie składu chemicznego wsadu w piecu odlewniczym po dodaniu modyfikatora struktury wsadu trwa od 5 do 10 minut, przy czym zawartość tytanu w modyfikatorze struktury wsadu wynosi 600–1000 ppm. objętości wsadu, natomiast proces odlewania ciągłego prowadzi się przy posuwie odlewu wynoszącym 8–12 mm i przy 2–5 s czasu postoju, a wydatek cieczy chłodzącej w procesie odlewania ciągłego w systemie pierwotnym wynosi od 0,12 do 0,3 l/min, zaś odlane profile schładza się do temperatury otoczenia i tną na odpowiednie długości po czym dwuetapowo podgrzewa, przy czym najpierw pocięte profile podgrzewa się w piecu do obróbki cieplnej przez 60 do 120 minut w temperaturze  $450^\circ\text{C}$ , a następnie podgrzewa się je przez 20 do 30 minut w temperaturze  $490^\circ\text{C} - 500^\circ\text{C}$ , po czym profile poddaje się od procesowi kucia na gorąco w temperaturze  $490^\circ\text{C} - 500^\circ\text{C}$  ze stopniem przekucia od 1,1 do 2,4, a uzyskane w procesie kucia odkuwki schładza się w wodzie do temperatury otoczenia, następnie odkuwki poddaje się procesowi starzenia sztucznego w temperaturze  $190 - 215^\circ\text{C}$  w czasie od 3–14 godzin z chłodzeniem na powietrzu.