

## Wady powierzchni wyciskanych profili aluminiowych

Stan powierzchni detalu aluminiowego, wady powstałe podczas produkcji mają wpływ na jego przydatność do anodowania oraz jakość powierzchni powstającej w tym procesie. Część defektów wyklucza prawidłowy przebieg procesu anodowania lub powoduje pogorszenie jakości powłoki. Wadyte, często niemożliwe do naprawienia, są podstawą do reklamacji.

Wiele wad pojawiających się po procesie anodowania powstaje dużo wcześniej obróbka chemiczna tylko je uwidacznia. Źródłem uszkodzeń materiału są błędy w produkcji, wady metalurgiczne wynikające ze składu stopu. Defekty powierzchni w zależności od rodzaju wady i stopnia jej nasilenia tylko w pewnym stopniu mogą być ukryte przy zastosowaniu anodowania czy też malowania proszkowego. Wady powstające podczas wytłaczania mogą być podzielone według źródła ich pochodzenia: operacyjne, metalurgiczne, spowodowane dobraniem parametrów procesu spoza okna procesowego, przechowywaniem i transportem profili.

### Wady operacyjne

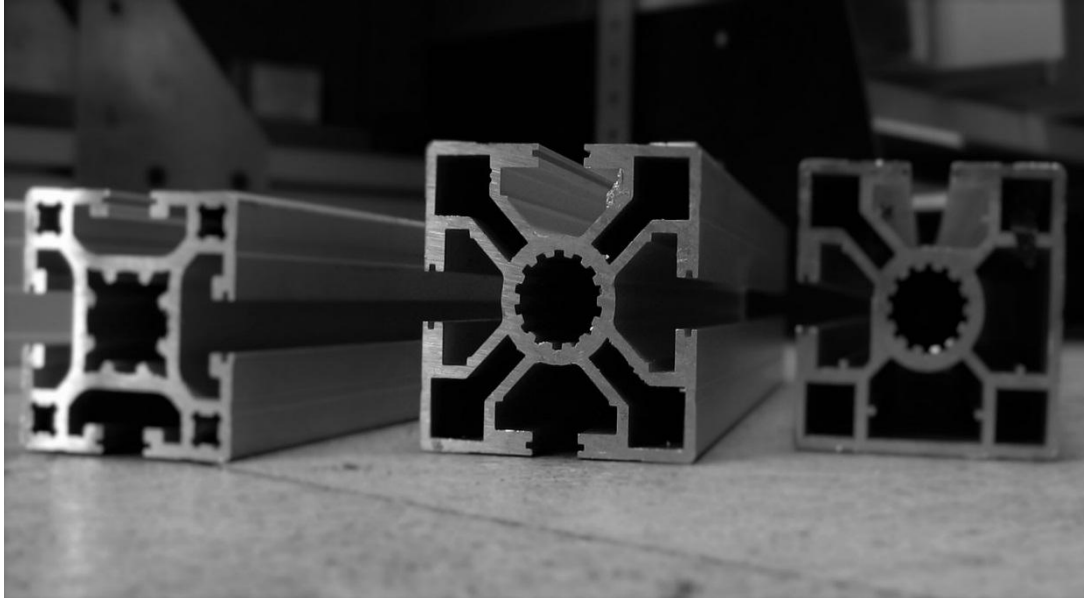
Proces produkcji profili aluminiowych polega na poddaniu surowca przeróbce plastycznej na gorąco. Proces prowadzony jest w temperaturze około 500°C. Podgrzany surowiec zostaje przecięnięty przez matrycę, która nadaje profilom pożądany kształt. Na powierzchni wlewków znajduje się warstwa tlenków, zanieczyszczeń powierzchniowych i ubytków, związana jest z tym miejscowa utrata właściwości mechanicznych materiału. Zanieczyszczona powierzchnia wlewków jest przyczyną takich defektów jak zgrzewy podłużne i poprzeczne, które tworzą się w miejscu łączenia, np. na granicy wlewków-wlewków.

Spoina wzdłużna jest to styk metalu płynącego przez sąsiednie porty w matrycy. W tej lokalizacji mogą wystąpić zwiększone wytrącenia tlenków i inkluzje międzymetaliczne. **Rowkowatość** (*longitudinalweld*) mogą wywoływać wżery i gazowanie w pobliżu spoiny. Do dobrej jakości spoiny przyczynić się może dbałość o odpowiednią obróbkę cieplną wlewków przed procesem wyciskania. Budowa matrycy, szczególnie rozmiar komory zgrzewania jest kluczowy dla produkcji zgrzewów wzdłużnych dobrej jakości.

**Odcisk spoinowy** (*transverseweld*) są to podłużne smugi zwężające się na przodzie wytłaczanego wyrobu w kształcie litery V, najczęściej pojawiające się w zagłębieniach. Defekt ten wywołany jest obecnością warstwy tlenkowej występującej pomiędzy jednym, a drugim wlewkiem. Jest to wada trudna do eliminacji. Dobrą praktyką pozwalającą zminimalizować wadę jest unikanie stosowania wlewków z różnych źródeł, a także utrzymywanie czystej powierzchni przez zmniejszenie ilości używanych smarów. Defekt jest widoczny po trawieniu i anodowaniu.

Innym typem problemów w tej kategorii są **pęcherze** - wybrzuszenia powstające podczas wyciskania. Źródło tego defektu jest szeroko określane jako „uwięzione” powietrze i działanie lotnych smarów podczas procesu wytłaczania. Miejscowe rozdzielenie się materiału na dwie warstwy może być spowodowane także słabym wiązaniem między aluminium a warstwą jego tlenku. Profile z pęcherzami nie nadają się do obróbki.

Wśród wad procesowych można wymienić również **odcisk mostka** wywołane różnym przepływem materiału w narzędziu, może być to uwarunkowane także konstrukcyjnie. Skorygowanie narzędzi pozwala wyeliminować ten problem. Obecność **smug grafitowych** - czarnych inkluzji w strukturze powstałych przez systemy dozowania lub smarowanie kwalifikuje wyrób do reklamacji.



### Wady metalurgiczne

Problemy występujące z powodu defektów metalurgicznych zwykle wynikają ze słabej jakości wlewków lub niepoprawnej obróbki cieplnej przed wytłoczeniem. Mikrostruktura heterogenicznego wlewków oraz niepożądana obecność gruboziarnistych cząstek  $Mg_2Si$  znacznie zmniejsza jakość i stopień wytłaczania, a także wywołuje różne wady takie jak topnienie eutektyczne, pękanie materiału, smugi na powierzchni, miejsca przegrzania oraz ciężkie zużycie ściernie z powodu obecności dużych cząstek drugiej fazy.

**Pękanie** (tearing) może powstawać na skutek dwóch niekorzystnych zjawisk: lokalnego topnienia lub silnego tarcia. W związku z mniejszą plastycznością materiału w wysokiej temperaturze, pod wpływem intensywnego tarcia między powierzchnią matrycy a wyciskany aluminium, zaczyna on pękać. Nazywane jest to pękaniem mechanicznym. Wada ta osiąga 100  $\mu m$  głębokości w wytłaczanych wyrobach.

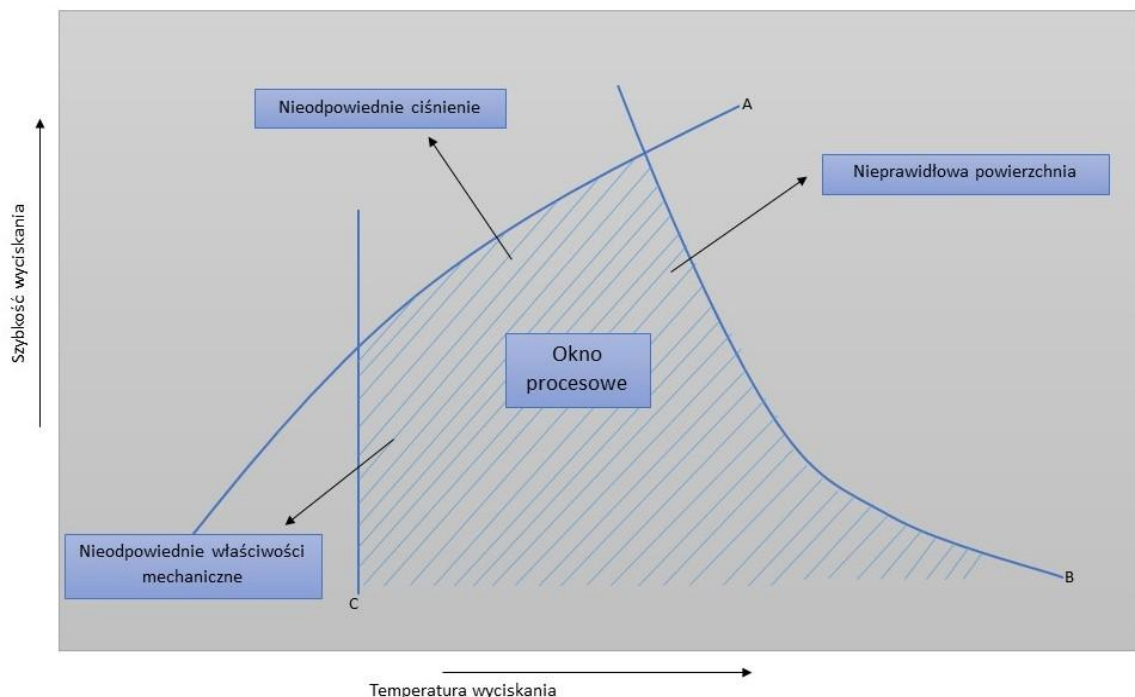
W każdym stopie aluminium występują cząstki drugiej fazy które są tworzone przez inkluzje składników stopowych. W stopie AW-6060 są to na przykład związki  $Mg_2Si$  oraz  $AlFeSi$ . Stop AW-6060 ma punkt topnienia w  $640^\circ C$  lecz w obecności krzemu może lokalnie zacząć topnieć w  $555^\circ C$ . Gdy izolowana ciecz zaczyna krzepnąć tworzą się miejsca mniej wytrzymałe przez co wywołuje to pękanie powierzchni.

**Miejsca przegrzania** (hot spots) na wadliwym detalu ujawniają się w pierwszych etapach procesu anodowania (trawienie 5-10% roztworem  $NaOH$  w  $60^\circ C$ ) jako ciemne (szare lub czarne) plamy w regularnych lub losowych odstępach na wyciskany profilu. Jest to problem metalurgiczny, pojawia się gruboziarnisty osad  $Mg_2Si$  w wyniku nierównomiernego

chłodzenia po wytłaczaniu. Twardość aluminium w miejscu wystąpienia tej wady jest znacząco niższa, a takie profile nie nadają się do użytku.

### Wady wynikające z pracy z parametrami spoza okna procesowego.

Istotne jest rozpatrzenie interakcji między zmiennymi procesowymi, tak aby produkt spełniał restrykcyjne specyfikacje geometrii wyrobu, tolerancje kształtu, a także inne parametry. A dokładniej, różne parametry procesu mogą być optymalnie dostosowywane do procesu wytłaczania konkretnego wyrobu w tzw. oknie procesowym. Okno procesowe może być zwizualizowane jako powierzchnia ograniczona krzywymi reprezentującymi różne położenia (parametry) - ograniczenie ciśnienia (krzywa A), uszkodzenia powierzchni (krzywa B), wymagana struktura wytłoczonego detalu (krzywa C). Powierzchnia ograniczona na wykresie zależności prędkości wytłaczania od temperatury, wskazuje odpowiedni obszar roboczy dla konkretnego procesu wyciskania. Praca przy parametrach spoza okna procesowego, tj.: temperatury wytłaczania czy szybkości dla pewnego współczynnika wytłaczania, może wywołać niewystarczające ciśnienie wejściowe lub z drugiej strony problemy z jakością powierzchni takie jak m.in. pękanie podczas obróbki cieplnej.



Rysunek. Schematyczny wykres ograniczeń dla wyciskania aluminium [2]

### Defekty występujące mimo zachowania optymalnych parametrów

Wady mogą wystąpić mimo dobrania optymalnych parametrów procesowych. Najbardziej poważne są ślady matrycy oraz ubytki nazywane pick-ups. Mogą one występować w całym oknie procesowym.

**Ślady matrycy** - są podłużnymi wgłębieniami na powierzchni produktu. Intensywność tej wady określana jest na podstawie chropowatości wytłaczanego materiału. Defekt ten może

wystąpić w wyniku interakcji powierzchni matrycy z międzymetalicznymi cząstkami. Wada występuje też powierzchnia matrycy jest wypolerowana i matryca pracuje w optymalnych warunkach. Głębokość tej wady może wynosić pomiędzy 0.2  $\mu\text{m}$  do 0.5  $\mu\text{m}$  oraz wywoływać niedogodności kiedy wyciskany wyrób ma być poddany procesowi anodowania.

*Ubytki (Pickups)* są obserwowane jako „łezki” lub „komety”, powstające równoległe do powierzchni wytłaczania. Zazwyczaj są to ślady zarysowań o różnej intensywności, w cięższych przypadkach często występuje odkładanie się materiału na końcu wady. W pewnym stopniu występuje na większości wyrobów wyciskanych. Nie jest łatwo ją wyeliminować podczas utleniania anodowego, wywołuje liczne problemy ponieważ wada ta może osiągać rozmiary nawet na 0.5-3 mm oraz może być widoczna na całej powierzchni wyciskanego wyrobu. Do tej pory nie ma fizycznego modelu, który opisywałby powstawanie tych ubytków. Według jednej teorii źródła należy poszukiwać w cechach metalurgicznych materiału: lokalnym topnieniu lub reakcji perytektycznej w 576°C  $\text{AlMg}_2\text{Si}$  z  $\beta\text{-AlFeSi}$ . Są również opinie, że pickups mogą powstawać zarówno poniżej jak i powyżej punktu eutektycznego, jako przyczynę wady przedstawiany jest proces mechaniczny - przeniesienie materiału pomiędzy wyrobem wytłaczanym a powierzchnią nośną matrycy. Zwiększone natężenie wady może być spowodowane wytrąceniami w odlewie i niewystarczającą homogenizacją.

W literaturze jest wspomniane, że jakość powierzchni powinna być oceniana na podstawie chropowatości i połysku oraz zdolności do procesu anodowania. Badania wskazały, że wzrost wartości chropowatości jest powiązany z wystąpieniem ubytków.

#### Wady wynikające z zabezpieczenia detali, magazynowania i transportu

Nieprawidłowe obchodzenie się z profilami aluminiowymi między procesem wytłaczania a obróbką chemiczną także jest źródłem wielu wad powierzchniowych. Problematyczne mogą być ślady po kleju jeśli surowe, niezabezpieczone profile zostaną oklejone taśmą a także wystawianie na działanie promieni słonecznych przez dłuższy czas detali opakowanych w zgrzewaną folię. Poprzez nieodpowiednie obchodzenie się z detalem, brak ochrony krawędzi, mogą wystąpić wgniecenia na profilach.

Źródłem korozji wstępnej może być składowanie surowych profili bez przekładek i w nieodpowiednich opakowaniach oraz magazynowanie w nieodpowiednich warunkach: w zbyt wilgotnym środowisku, zbyt niskiej lub zbyt wysokiej temperaturze, obecność chlorków w papierze. Niewprawne postępowanie przy pakowaniu, magazynowaniu czy transporcie może być źródłem powstawania rys. Nieznaczne wady można zniwelować szlifując detal, większe i rozległe defekty są podstawą do reklamacji.

---

Źródła:

[1] <http://www.defects.qualanod.net/9.html>

[2] Ma, X., „Surface Quality of Aluminium Extrusion Products”, 1985

[3] Sheppard, T., "Extrusion of Aluminium Alloys", Kluwer Academic Publishers, the Netherlands, 1999

[4] Peris, R.G., "Effects of extrusion conditions on "die pick – up" formed during extrusion of aluminium alloy AA 6060", Master thesis, Auckland University of Technology, New Zealand, 2007

[5] Saha, P., „Aluminum Extrusion Technology" (ASM, 2000)

[6] TALAT Lecture 1302 Aluminium Extrusion: Alloys, Shapes and Properties (1994)