

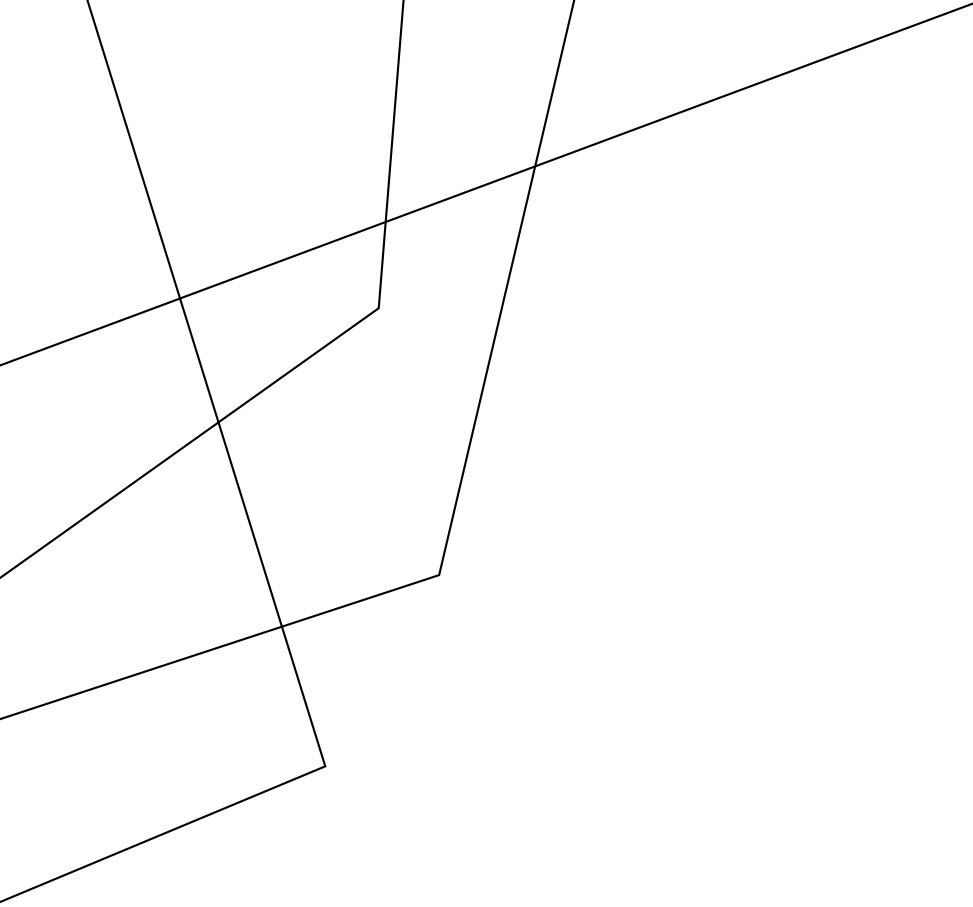
RECYKLING ALUMINIUM

WŁAŚCIWOŚCI ALUMINIUM

1. Aluminium jest najbardziej rozpowszechnionym metalem w skorupie ziemskiej. Stanowi ponad 7% wszystkich pierwiastków.
2. Aluminium w formie metalicznej praktycznie nie występuje w stanie wolnym. A wszystkie jego związki są bardzo stabilne, przez co ich redukcja jest utrudniona i wymaga dużych nakładów energii i wysokich temperatur.
3. Glin w większości związków występuje na +3 stopniu utlenienia.
4. Charakteryzuje się dużą plastycznością. Posiada dobre przewodnictwo ciepła i elektryczności.
5. Aluminium ma niską gęstość, dzięki czemu jest stosowany w budownictwie, lotnictwie i motoryzacji. Ponadto jest stosowany do wytwarzania opakowań w przemyśle spożywczym.
6. Aluminium łatwo się utlenia, ale tworzący się tlenek glinu, przywiera do metalu, powodując jego pasywację. Dzięki temu jest odporny na korozję.
7. Glin rozpuszcza się w silnych zasadach tworząc gliniany, a z metalami I grupy tworzy sole podwójne, zwane ałunami.

WŁAŚCIWOŚCI FIZYCZNE ALUMINIUM

Właściwość	Wartość
Temperatura topnienia	933,5 K
Temperatura wrzenia	2767 K
Przewodność cieplna	6,37 W/(mK)
Współczynnik rozszerzalności cieplnej	$23 \times 10^{-6} \text{ 1/K}$
Gęstość (293 K)	2,7 g/cm ³
Przewodnictwo elektryczne (20 °C)	250 $\mu\Omega/\text{cm}$
Wydłużenie (293 K)	43-50%
Wytrzymałość na rozciąganie (20 °C)	45 MPa
Lepkość (936,5 K)	1,2 mPa s
Napięcie powierzchniowe (936,5 K)	871 mN/m



Przemysłową produkcję aluminium rozpoczęto 1888 roku. a drodze elektrolizy tlenku glinu, rozpuszczonego w kriolicie (heksafluoroglinian sodu). Ta metoda jest stosowana do tej pory.

Pierwsza wzmianka o aluminium pochodzi ze starożytnego Rzymu, za czasów panowania cesarza Tyberiusza. Pewien złotnik chwalił się zastawą, wykonaną ze srebrzystego metalu, dużo lżejszego od srebra, który złotnik otrzymał z gliny.

Produkcja aluminium rosła przez stulecie, a koszt wytwarzania stopniowo malał.

Ten rozwój przemysłu aluminiowego przypisuje się niskiej gęstości aluminium, przy stosunkowo wysokich właściwościach mechanicznych, zwłaszcza dla stopów z magnezem, krzemem lub litem.

Aluminium charakteryzuje się wysokim przewodnictwem elektrycznym (ok. 1/3 przewodnictwa miedzi), nadrabia to niską gęstością. Posiada też wysokie przewodnictwo cieplne i dobre własności mechaniczne, co znajduje zastosowanie w budownictwie, motoryzacji i przemyśle lotniczym.

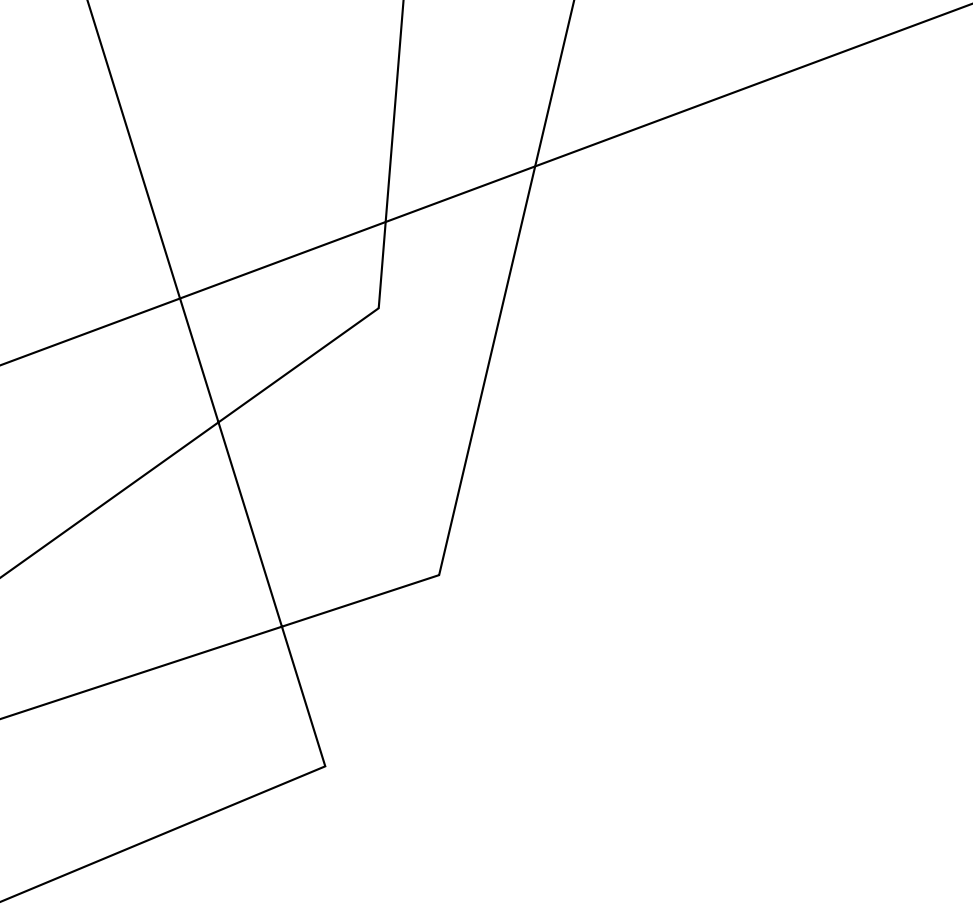
PRODUKCJA ALUMINIUM



SEGREGACJA ZŁOMÓW ALUMINIUM I JEGO STOPÓW

Na złom aluminiowy składają się wszystkie przedmioty wykonane z aluminium, lub jego stopów (złom poamortyzacyjny) oraz odpady produkcyjne, składające się z aluminium lub jego stopów.

1. Rozdrabnianie złomu (szrotowanie) – otrzymuje się:
 - a) pył różnych materiałów
 - b) fragmenty metali, szkła, gumy i tworzyw sztucznych.
2. Do segregowania różnych stopów aluminiowych stosuje się:
 - a) segregatory powietrzne
 - b) cyklony
 - c) segregatory na prądy wirowe
 - d) segregatory oparte na analizie chemicznej
 - e) segregatory wykorzystujące różnice gęstości różnych materiałów.
3. Zanieczyszczony złom aluminiowy jest bardzo trudno i kosztownie wyrafinować. Wymusza to wdrożenie starannie przygotowanych procesów segregacji surowców wtórnych do dalszego przetopienia.



SEPARACJA ZŁOMU ALUMINIOWEGO ZA POMOCĄ CIĘŻKICH CIECZY

1. Metoda ta wykorzystuje różnicę w gęstości pomiędzy metalami a innymi składnikami złomu (np. tworzywami sztucznymi). Gęstość cieczy dobiera się tak, aby materiał niepożądany wypływał na powierzchnię, a metal tonął.
2. W pierwszym etapie oddzielane są materiały o najniższej gęstości: drewno, papier, tekstylia, pianki PUR.
3. W drugim etapie oddzielane są: magnez i jego stopy, guma, tworzywa sztuczne i część aluminium.
4. W trzecim etapie oddzielane jest aluminium i jego stopy. Może być zanieczyszczone kablami miedzianymi w osłonach plastikowych.
5. W osadzie pozostają metale ciężkie.
6. Metoda ta jest za mało wybiórcza do segregacji różnych stopów aluminium, ze względu na zbyt małe różnice w gęstościach.



SEPARACJA ZŁOMU ALUMINIOWEGO Z WYKORZYSTANIEM PRĄDÓW WIROWYCH

1. Metoda oparta na zjawisku indukcji prądów wirowych. Prądy wirowe są indukowane we wszystkich materiałach przewodzących prąd elektryczny, pod wpływem zmiennego pola magnetycznego. W metalach generuje się pole magnetyczne o kierunku przeciwnym niż wywołujące je pole. Materiały metaliczne są odpychane z różną siłą w zależności od kształtu kawałków. Materiały niemetaliczne nie są odpychane.
2. Separatory statyczne:
 - a) separator rampowy – magnesy są ułożone naprzemiennie N-S-N-S i nachylone pod kątem 45° względem rampy, po której zsuwa się złom.
 - b) separator pionowy – składa się z dwóch równoległych płyt stalowych i pod kątem 45° umocowane są paski z magnesów stałych. Swobodnie spadając materiał jest poddawany zmiennemu polu magnetycznemu, co indukuje prądy wirowe i zmienia tor spadania metalu.
 - c) separator dynamiczny – zmienne pole magnetyczne powstaje w skutek rotacji dysków ze stali niskowęglowej, wyłożonych naprzemiennie magnesami stałymi. Zmienne pole magnetyczne powstaje nie tylko w skutek ruchu samej cząstki metalu, ale też w skutek obrotu dysków.
 - d) separator poziomy – jest to przenośnik taśmowy, którego koło napędowe jest wyłożone naprzemiennie magnesami stałymi. Siła odpychająca metal od taśmy jest proporcjonalna do gęstości strumienia magnetycznego i przekłada się na szybkość kątową koła napędowego.



SEGREGACJA ELEKTROMAGNETYCZNA

1. Pole magnetyczne jest emitowane przez cewkę zasilaną prądem o wysokich częstotliwościach, która znajduje się nad taśmą transportującą kawałki złomu.
2. Kawałki złomu zaburzają to pole stosownie do wielkości prądów wirowych, indukowanych w tych kawałkach. Jest to zależne od składu chemicznego złomu.
3. Pod taśmą jest uporządkowany zbiór cewek, które sprzężone z komputerem, pozwalają identyfikować miedź, mosiądz, cynk i ołów na podstawie przesunięć fazy tych sygnałów w stosunku do fazy prądu źródłowego.



SEGREGACJA ALUMINIUM PRZEZ RÓŻNICOWANIE JEGO KOLORÓW

1. Dzięki zastosowaniu szybkich komputerów można sortować złom w klasach Al-Cu, Al-Mn, Al-Mg, Al-Zn na podstawie analizy kolorów przez odpowiednie sensory.
2. Komputer uruchamia odpowiednie bramki, do których są kierowane kawałki złomu o tym samym kolorze
3. Złom aluminiowy może być kolorowany za pomocą NaOH (usuwanie tlenku glinu) i kwasu azotowego (utlenianie powierzchniowe). W zależności od składu stopu, barwa powstającej warstwy tlenku jest inna, co ułatwia identyfikację.



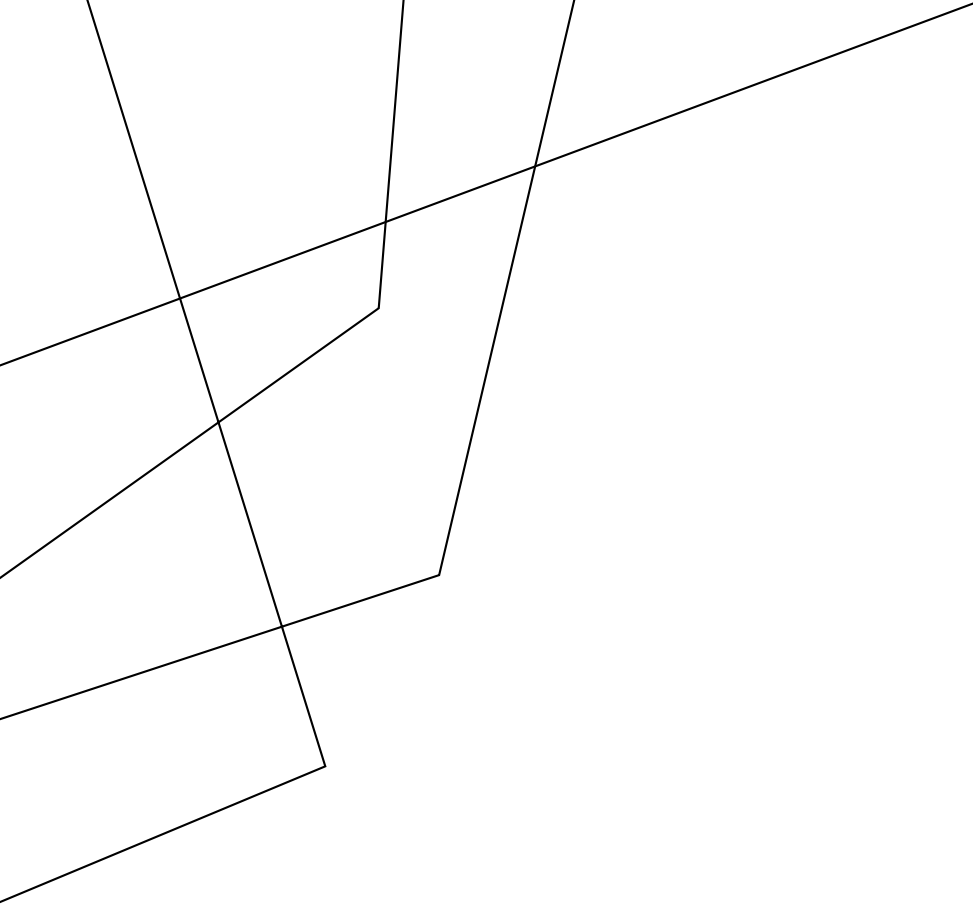
SEGREGACJA ZŁOMU Z ZASTOSOWANIEM TECHNIKI LASEROWEJ

1. Metoda ta polega na spektroskopii emisyjnej, gdzie widmo jest indukowane za pomocą promieni lasera.
2. Urządzenie do separacji składa się z układu izolującego fragmenty złomu, lasera z detektorem i urządzenia sortującego.
3. Układ izolujący składa się z kilku przenośników i belek naprowadzających. Wsad jest podawany na wibrator, a następnie na główny przenośnik, gdzie poszczególne kawałki są separowane na inne przenośniki o różnej prędkości.
4. Te kawałki są poddawane naświetleniu laserem. Promieniowanie emitowane z powierzchni próbki jest kierowane do trzech spektrografów, pracujących w różnym przedziale częstotliwości. Następuje identyfikacja składu analizowanego kawałka złomu.
5. Zidentyfikowane cząstki złomu są spychane za pomocą popychaczy do odpowiednich tuneli, gdzie gromadzone są fragmenty złomu o podobnym składzie.



USUWANIE FARB I POWŁOK

1. Złom aluminiowy często jest pokryty farbami lakierami i innymi powłokami. Te powłoki są zdejmowane, aby uzyskać lepszy uzysk metalu.
2. Termiczne usuwanie pokryć o charakterze organicznym. Podgrzewa się złom do temperatur powyżej 450 °C – następuje rozkład substancji organicznych, tworzy się gaz, smoła i węgiel. Im wyższa temperatura rozkładu, generuje się więcej gazu a mniej smoły i węgla. Gaz i część smoły odparowuje, a reszta smoły i węgiel są w dalszym etapie spalane w tlenie. Metoda ta ma zastosowanie dla pokryć organicznych do 10% ich zawartości.
3. Usuwanie pokryć organicznych w piecu fluidyzacyjnym. W tej metodzie można usunąć pokrycia nawet do 50% masy przerabianego materiału. Warstwa fluidalna składa się z mieszaniny drobnych cząstek metalu, zawieszonych w przepływających gazach. Warstwa ta ma własności przypominające wrzącą ciecz. Temperaturę dobiera się tak, aby nastąpił rozkład powłoki, ale nie następowało nadtopianie złomu. Gaz oprócz podtrzymywania cząstek złomu, dostarcza ciepło, a następnie je odbiera, kiedy reakcje utlenienia zaczną generować ciepło. Intensywna wymiana ciepła zapewnia dużą efektywność, jednorodną temperaturę i elastyczność procesu. Materiał przebywa w strefie fluidyzacyjnej przez 3-15 minut. Urządzenie posiada układ obsługi spalin, który pozwala na usuwanie takich gazów jak SO₂, HF i HCl.



1. Powłoki lakierowe mogą być usuwane w piecach obrotowych. Emisja tlenków azotu i pyłów jest w znacznym stopniu ograniczona. Proces przebiega w zakresie temperatur 538-649 °C. Gazy spalinowe zawierają tylko 6-8% tlenu, co utlenia ok. 40% związków organicznych i nie generuje tlenków azotu. Pozostałe 60% spala się w generatorze gazu gorącego, a powietrze użyte do spalania jest podgrzewane do 593 °C w rekuperatorze do odzysku ciepła.
2. Usuwanie farb i lakierów na taśmie. Do usuwania substancji organicznych służy przesuwająca się taśma z siatki z drutu o odpowiednio małych oczkach. Taśma jest podzielona na pięć stref o tej samej długości, do których są doprowadzane gorące gazy procesowe o różnej zawartości tlenu. Po przejściu gazu przez warstwę wsadu, jest on wyprowadzany i po odzysku ciepła i oczyszczeniu, jest wydalany do otoczenia.
3. Metody chemicznego usuwania powłok. Podczas termicznego usuwania farb, może następować zanieczyszczenie aluminium tytanem i żelazem, dlatego można stosować spęcznianie i złuszczenie farb za pomocą chlorku metylenu, kwasu mrówkowego lub chlorowanego kwasu octowego. Odczynniki penetrują do powierzchni aluminium-farba nie tylko przez krawędzie, ale też przez nieciągłości w warstwie farby. Metoda jest bardzo skuteczna, ale droższa od metod termicznych.

USUWANIE FARB I POWŁOK C.D.



TOPIENIE ZŁOMU ALUMINIOWEGO

1. Piec do topienia złomu aluminiowego jest trójczęściowy:
 - a) trzon pieca
 - b) studzienka załadownicza, gdzie wprowadza się złom i topniki
 - c) studzienka pompy do metalu.
2. Piec jest ogrzewany palnikami na ścianie części zasadniczej. Pompa przepompowuje przegrzany metal do studzienni załadowniczej, gdzie załadowany wsad ulega stapianiu.
3. W piecach do topienia rozdrobnionych puszek po napojach może zachodzić jednocześnie usuwanie farb i lakierów, oraz topienie złomu. Piec składa się ze stożkowego szybu i części odstojowej, gdzie gromadzi się ciekłe aluminium. Opadające kawałki złomu przemieszczając się w szybie pieca napotyka na gorące gazy płynące w przeciwnym kierunku. Topiący się kawałek aluminium przyjmuje kształt bardziej aerodynamiczny, pozbywając się farby, wpada do części odstojowej pieca.
4. W przypadku małych zakładów wykorzystujących złom aluminiowy do własnej produkcji, korzystne jest stosowanie tyglowych lub kanałowych pieców indukcyjnych. Charakteryzują się wysoką wydajnością i sprawnością energetyczną. Ponadto zapewniają homogeniczność topionego metalu na skutek intensywnego mieszania topionego metalu.



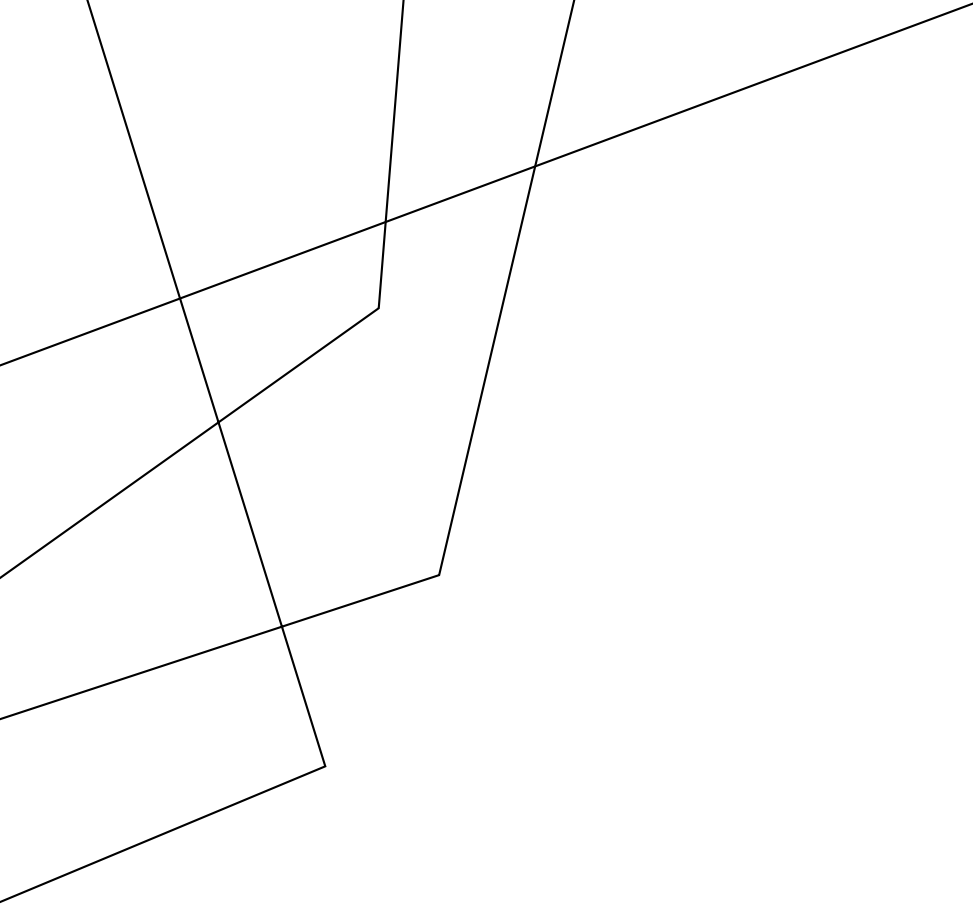
RAFINACJA ALUMINIUM

1. Z powodu dużego powinowactwa aluminium do tlenu i innych gazów, rafinowanie aluminium jest procesem trudnym. Rozpowszechnionym sposobem afinacji aluminium jest wdmuchiwanie do kąpeli gazów obojętnych, lub takich, które reagują z domieszkami.
2. Sposobem na odgazowanie aluminium jest zastosowanie porowatych wkładek ceramicznych oraz rotujących lanc, przez które przepuszcza się gazy obojętne (azot, argon).
3. Jakość rafinowanego aluminium określa się za pomocą: zawartości wodoru, zawartości metali alkalicznych i ilości wtrąceń niemetalicznych.
4. Jedną z najważniejszych metod usuwania zanieczyszczeń, to rafinacja mieszaniną gazu obojętnego + chlor. Chlor reaguje z domieszkami aluminium (ale też z samym aluminium), tworząc odpowiednie chlorki. W ten sposób można usunąć K, Li, Ca, Na, Mg.
5. Aby rozszerzyć możliwość zwiększenia ilości domieszek usuwalnych z rafinowanego aluminium, można wykorzystać:
 - a) zastosowanie czynnika, który będzie robił stabilne związki z domieszkami, a mniej stabilne z glinem,
 - b) zastosowanie soli pokryciowych, w których rozpuszczające się chlorki domieszek, osiągały bardzo niskie aktywności.



RAFINACJA ALUMINIUM C.D.

1. Entalpia swobodna tworzenia chlorku cynku, jest większa niż tworzenia chlorku glinu, więc za pomocą chloru nie można usunąć cynku. W tym przypadku wykorzystuje się dużą prężność par cynku. Pęcherzyk gazu obojętnego, przechodzący przez stop aluminium, nasycy się parami cynku.
2. Domieszka żelaza w aluminium nie może być usunięta w prosty sposób, bo glin wykazuje większe powinowactwo do tlenu niż żelazo. Przy przeróbce złomu prowadzi się separację magnetyczną, ale wtedy zawartość żelaza utrzymuje się powyżej 0,4%. Rafinację aluminium od żelaza można wykonać przez częściową krystalizację stopu, w wyniku której stężenie szkodliwych domieszek jest większe w jednej z faz.
3. Rafinacja aluminium w próżni. Można ją stosować wtedy, gdy domieszkami są substancje lotne. Można w ten sposób usunąć Zn, Mg, Pb, Na, Ca i Li, ekonomicznie jest to jednak nieopłacalne.
4. Rafinacja elektrolityczna. Metoda skuteczna na usuwanie Fe i Si. Elektrorafinację przeprowadza się w temp. 750-900 °C. W elektrolizerze są trzy warstwy. Anodą jest rafinowane aluminium o którego dodaje się miedzi w celu zwiększenia gęstości. Druga warstwa to elektrolit, zawierający fluorki sodu, glinu wapnia i baru. Trzecią warstwą jest oczyszczone aluminium. Metoda jest bardzo droga i rzadko wykorzystywana w praktyce, chyba że istnieje konieczność uzyskania bardzo czystego aluminium.

- 
1. Rafinacja przez formowanie i separację związków metalicznych. Do stopu aluminium dodaje się niewielkie ilości takich metali jak: Mo, W, V, Cr, Mn. Otrzymany stop jest schładzany do ok 700 °C i filtrowany. Wprowadzone domieszki i zanieczyszczenia tworzą wysokotopliwe związki międzymetaliczne, które osadzają się na filtrach ceramicznych.
 2. Stop glinu z krzemem, zanieczyszczony tytanem i żelazem, można oczyścić, dodając chrom i mangan. Stop jest schładzany do temp. 590-660 °C i filtrowany.
 3. Usuwanie ołowiu z aluminium. Przy dużej zawartości ołowiu, stopienie, a potem schładzanie metalu powoduje rozwarstwienie się dwóch frakcji, z których jedna jest czystym aluminium, a druga ołowiem. Dla mniejszych zawartości ołowiu, do aluminium można dodać sodu lub potasu. W tym wypadku top ulegnie rozwarstwieniu.
 4. Zastosowanie stałych wymiennicy jonowych. Lit jest selektywnie ekstrahowany ze stopu. Proces zachodzi w niższych temp. i jest szybki. Lit jest chroniony przed utlenianiem po wbudowaniu w wymiennicz jonowy.

RAFINACJA ALUMINIUM C.D.



PROBLEMY ZWIĄZANE Z TOPIENIEM ZŁOMÓW ALUMINIOWYCH

1. Tlenek glinu, tworzący się na powierzchni metalu, chroni metal przed dalszym utlenianiem, ale utrudnia łączenie się cząstek złomu po ich stopieniu. Dlatego w procesach topienia aluminium stosuje się topniki, które ułatwiają łączenie się płynnych cząstek.
2. Przyjmuje się, że sole reagują z aluminium i w mechaniczny sposób oddzielają tlenek glinu od metalu.
3. Dobre efekty daje ekwimolarny roztwór NaCl i KCl, choć przy stopach zawierających magnez (jak np. puszki aluminiowe) nie jest on dostatecznie silny.
4. Dodatek fluorku sodu (1,5%) zwiększa zdolność takiej mieszaniny do usuwania tlenku z powierzchni puszek.
5. Jeżeli puszki zostaną utlenione w temp. ok. 600 °C, to powstała warstwa tlenku glinu jest za gruba dla działania takich soli.