

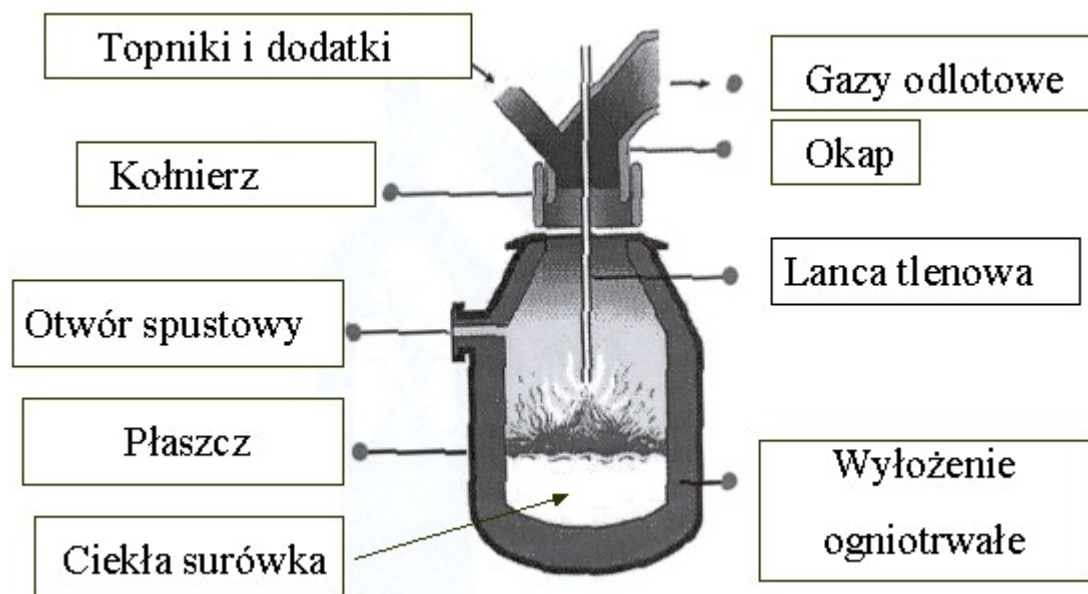
Technologia wytwarzania i przetwarzania metali

Wyznaczanie parametrów konstrukcyjnych dyszy de Laval

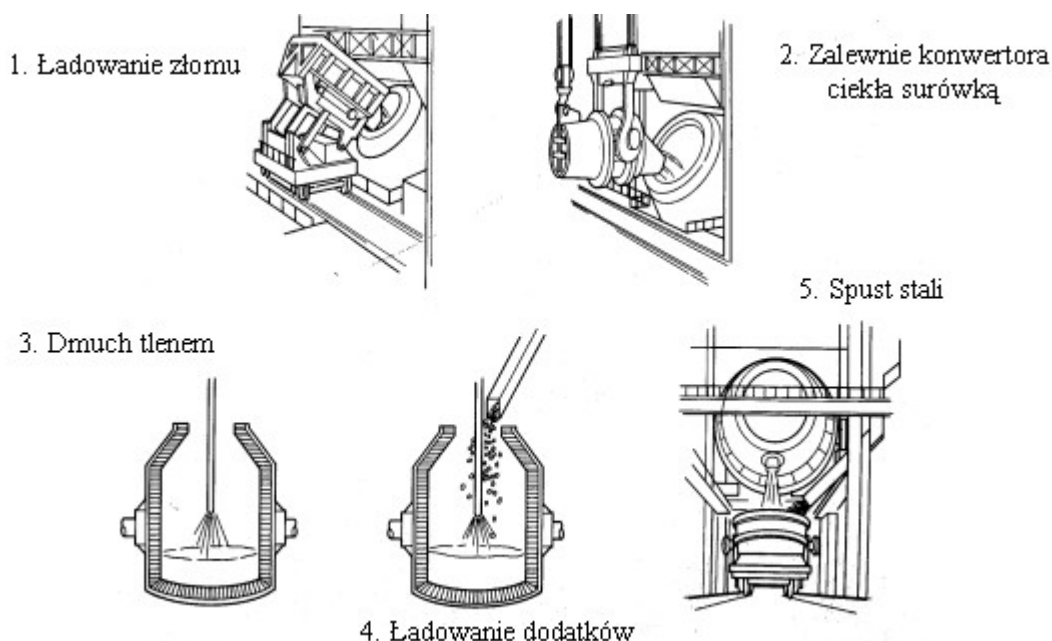
| | | |
|-----------------|------------------------|---------------------------------------|
| Wydział IMliP | Mateusz Karkula | Data wykonania: 27.11.2008r |
| Rok II, Grupa 1 | | |

1. Teoria

Konwertory – używane są do konwersji lub świeżenia metali (np. do konwersji żelaza w stal lub topienia kamieni miedziowych lub niklowych, galeny, itd.) w wyniku poddania materiałów, uprzednio stopionych lub podgrzanych do wysokiej temperatury, silnemu strumieniowi powietrza lub tlenu; w rezultacie większość węgla lub zanieczyszczeń, takich jak mangan, krzem i fosfor utlenia się i w postaci gazu lub płynnego żużłu jest usuwana.



Rysunek 1: Konwertor tlenowy - budowa



Rysunek 2: Konwertor tlenowy - kolejność wykonywania operacji

Lanca tlenowa – Głównym elementem lancy tlenowej jest rura zakończona dyszą wykonaną z miedzi. Doprowadza ona tlen na powierzchnię kąpieli metalowej w konwertorze tlenowym. Dysza jest złożona z kilku dysz De Lavalą zwiększających prędkość tlenu. Kolejnym elementem jest system chłodzenia zapewniany przez podawanie i odprowadzanie wody przy pomocy dwóch dodatkowych rur.

Dysza de Lavalą – kanał aerodynamiczny, dzięki któremu można uzyskać przepływ naddźwiękowy wykorzystywany w niektórych typach turbin parowych, w silnikach odrzutowych i rakietowych. Przekrój dyszy Lavalą w początkowym odcinku jest zbieżny, następnie rozbieżny. W części zbieżnej następuje przyspieszenie czynnika od prędkości początkowej do prędkości dźwięku. W części rozbieżnej następuje dalsze przyspieszanie powyżej prędkości dźwięku. Zarówno w części zbieżnej jak i rozbieżnej występuje rozprężanie gazu. Przekrój największy nazywany jest przekrojem krytycznym, a parametry gazu w nim występujące - parametrami krytycznymi. Prędkość krytyczna jest prędkością dźwięku. Dysza de Lavalą składa się z konfuzora i dyfuzora.



Rysunek 3: Dysza de Lavalą

Konfuzor – kanał przepływowy z malejącym przekrojem poprzecznym. Przepływający (w wyniku odpowiedniej różnicy ciśnień) z dużą prędkością czynnik termodynamiczny podlega przemianie adiabatycznej. Zmniejszający się przekrój poprzeczny powoduje wzrost prędkości przepływu i spadek ciśnienia czynnika. Wraz ze spadkiem ciśnienia następuje spadek temperatury a więc i entalpii. Rośnie przy tym objętość właściwa. Rozpatrując przemiany energii w konfuzorze można stwierdzić, że następuje zamiana pewnej wartości entalpii na energię kinetyczną. Spada więc entalpia gazu, a rośnie energia kinetyczna.

Dyfuzor – kanał przepływowy z rosnącym przekrojem poprzecznym, np. stożkowo rozszerzający się lub spiralny odcinek rury, kanał międzyłopatkowy ograniczony łopatkami sprężarki przepływowej lub pompy wirowej, dyfuzory płaskie, i inne. W dyfuzorze (w wyniku wzrostu przekroju poprzecznego) następuje spowolnienie przepływu płynu i przemiana energii kinetycznej strumienia w energię ciśnienia.

Do wykonania obliczeń potrzebne jest natężenie przepływu tlenu. Oblicza się je z wzoru:

$$I_{\text{tlenu}} = 5,419 + 2,923 \cdot Q$$

Obliczenia wykonuje się na podstawie równania ciągłości strugi.

2. Projektowanie dyszy de Laval'a

Wszystkie obliczenia zostały wykonane w programie dostępnym w laboratorium.

Dane początkowe:

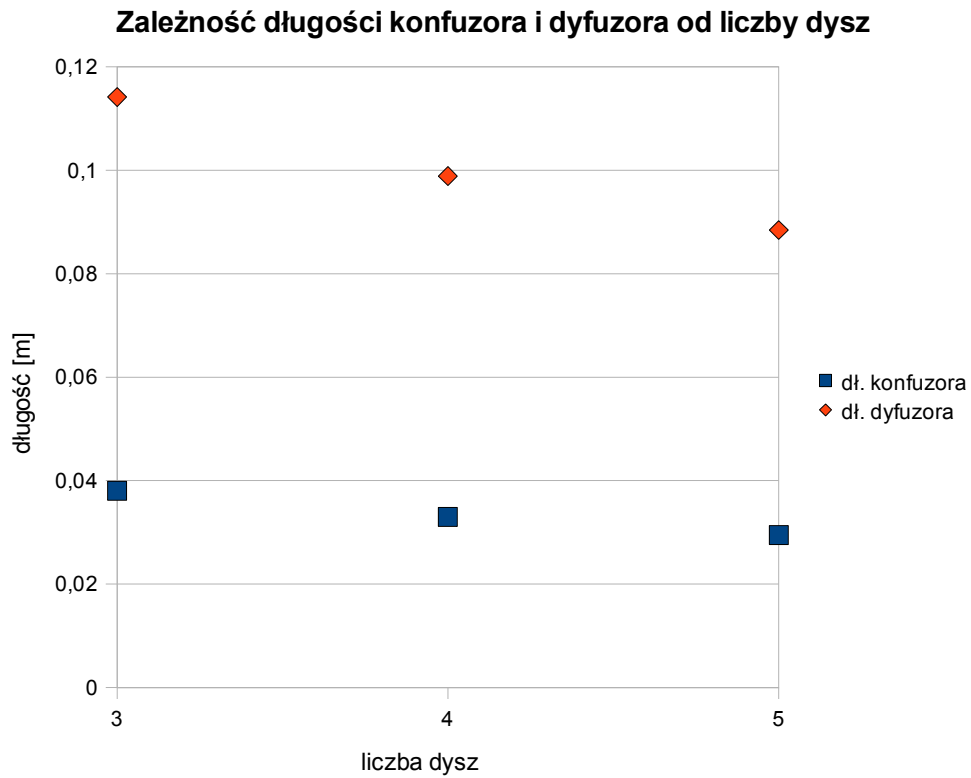
| | | |
|---|---------|-----------------------|
| Pojemność konwertora: | 240 | [Mg] |
| Temperatura tlenu na wejściu: | 293 | [K] |
| Ciśnienie tlenu na wejściu: | 1013250 | [N / m ²] |
| Kąt rozwarcia dyfuzora: | 10 | [°] |
| Liczba dysz: | 3 | |
| Odległość kolejnych obliczonych przekrojów dyszy: | 0,005 | [m] |

Obliczone wartości:

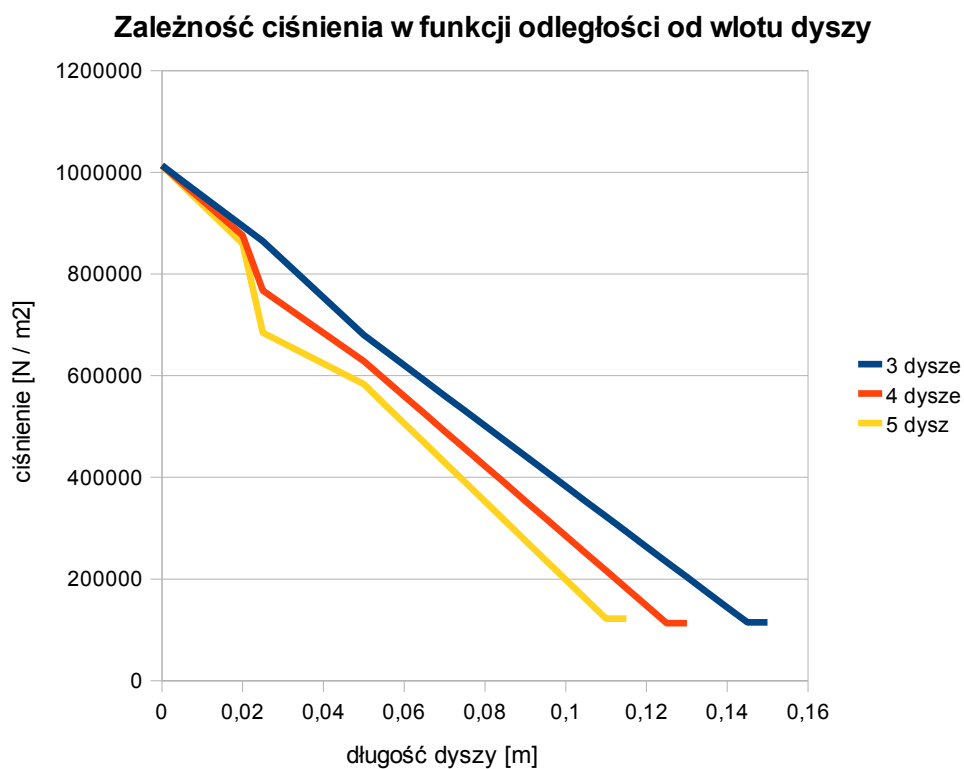
| | | |
|------------------------------------|-------------|-----------------------|
| Długość konfuzora: | 0,03805 | [m] |
| Długość dyfuzora: | 0,11416 | [m] |
| Średnica na przekroju wlotowym: | 0,11148 | [m] |
| Średnica na przekroju krytycznym: | 0,05129 | [m] |
| Średnica na przekroju wylotowym: | 0,07126 | [m] |
| Ciśnienie na przekroju wlotowym: | 1013250 | [N / m ²] |
| Ciśnienie na przekroju krytycznym: | 535281,7365 | [N / m ²] |
| Ciśnienie na przekroju wylotowym: | 101325 | [N / m ²] |
| Prędkość na przekroju wlotowym: | 40 | [m / s] |
| Prędkość na przekroju krytycznym: | 298,12105 | [m / s] |
| Prędkość na przekroju wylotowym: | 507,00123 | [m / s] |

3. Symulacje

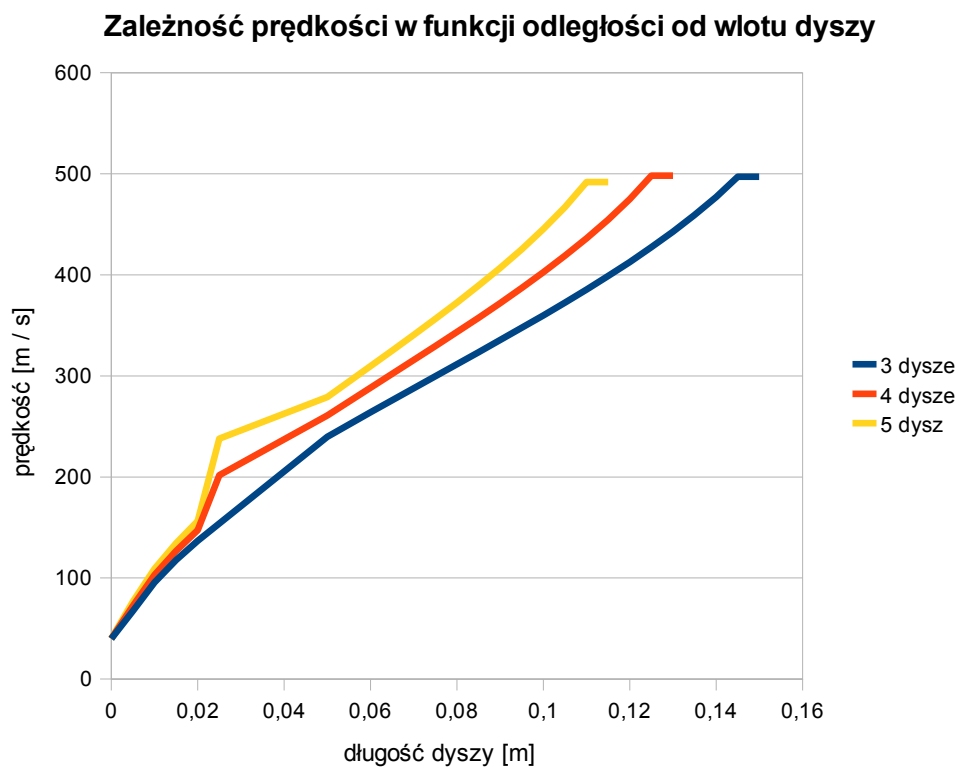
Zaprojektowana dysza została porównana z dyszami przystosowanymi do lancy z czterema i pięcioma dyszami. Różnice między nimi przedstawiają poniższe wykresy.



Wykres 1: Zależność długości konfuzora i dyfuzora od liczby dysz



Wykres 2: Zależność ciśnienia w funkcji odległości od wlotu dyszy.



Wykres 3: Zależność prędkości w funkcji odległości od wlotu dyszy

4. Wnioski

Niemal wszystkie parametry zależą od ilości dysz w lancy, jedynie prędkość oraz ciśnienie wlotowe i wylotowe pozostają takie same. Wraz ze wzrostem liczby dysz maleją długości oraz średnice dysz, dodatkowo przepływ tlenu staje się bardziej gwałtowny. Największe zmiany parametrów przepływu tj. prędkości i ciśnienia zachodzą w konfuzorze.

Wszystkie dysze spełniają swoje zadanie – przyspieszają tlen do prędkości ponaddźwiękowej, dlatego lepiej jest projektować lancę dla mniejszej ilości dysz, dzięki czemu zmniejsza się zużycie materiału z którego produkowane są dysze, mniejszej liczbie dysz łatwiej jest zapewnić chłodzenie. Wszystkie te czynniki wpływają na obniżenie kosztów produkcji.

Powyższe ćwiczenie spełniło swoje zadanie i pozwoliło zapoznać się z procesem projektowania dyszy de Laval.