

Wpływ przejściowego profilu przepływu na dokładność pomiaru

Prostownice strumienia eliminują efekt przejściowy przepływu

Prostownice strumienia są coraz częściej stosowane w aplikacjach z pomiaru przepływu. Wykorzystuje się je aby skorygować nieprzewidziane i niechciane efekty wpływające na profil przepływu, często będące wynikiem braku wymaganych odcinków prostych przed i za punktem pomiarowym. Te nieprzewidywalne zmiany profilu są neutralizowane przez prostownicę strumienia, dzięki której uzyskujemy spójny, przewidywalny profil przepływu. W efekcie otrzymujemy dokładny i powtarzalny pomiar. Co nie mniej istotne, prostownice przepływu są w stanie neutralizować przejściowe efekty przepływu.

PRZEPŁYW PRZEJŚCIOWY

Aby zrozumieć wartość prostownic strumienia w aplikacjach, w których naturalnie występują zmiany profilu przepływu, należy najpierw poznać w jaki sposób profil może się zmieniać. Inżynierowie określający technologię pomiaru przepływu są świadomi, że zmiany profilu przepływu i ich nieprzewidywalność będą bezpośrednio skutkować niedokładnością pomiaru. Wiemy także, że profile przepływu są funkcją geometrii rury, liczby Reynoldsa (Re), chropowatości powierzchni rur i szybkości zmian prędkości przepływu.

Powszechnie wiadomo, że wielokrotność średnic odcinków prostych rur jest konieczna do wytworzenia w pełni rozwiniętego, turbulentnego profilu przepływu, który jest preferowany przez wiele technologii pomiarowych. Jednakże, w aplikacjach gdzie występują niskie wartości przepływu oraz szeroka zakresowość pomiaru, często pomijanym faktem jest to, że profil przepływu w stanie przejściowym nie jest uwzględniany i korygowany. Może to powodować ogromne niedokładności pomiaru przepływu w części krytycznego zakresu pomiarowego. Rozważmy różnicę między warunkami przepływu laminarnego i turbulentnego. Przepływ laminarny zachodzi przy niskich prędkościach, gdzie liczba Re jest mniejsza niż 2000. Przepływ turbulentny zwykle występuje powyżej Re 4000. Gdy przepływ występuje

między Re 2000-4000, jest powszechnie określany jako znajdujący się w „przejściowym” zakresie przepływu. Jednak w zależności od zwiększenia lub zmniejszenia przepływu i tempa tej zmiany, przepływ przejściowy może wzrosnąć aż do 7000 Re .

Gdy liczba Reynoldsa wzrasta od 2000 Re do 4000 Re , zależność pomiędzy średnią prędkością V (śr.) a prędkością liniową środkowej V (maks.) gwałtownie wzrasta z 50% do prawie 80%. Profil prędkości od osi rurociągu do jego ścianki również zmienia się bardzo szybko. Przyrządy do pomiaru przepływu punktowego będą w dużym stopniu podatne na zmiany profilu podczas tego przejściowego zakresu przepływu. Dotyczy to praktycznie wszystkich czujników przepływu mierzących punktowo, niezależnie od tego, czy są one ustawione w linii środkowej, czy mają zmienną głębokość zanurzenia. Zaznaczyć przy tej okazji należy, że tego typu efekty profilu są zazwyczaj bardziej wyraźne w przypadku mniejszych rozmiarów rurociągów.

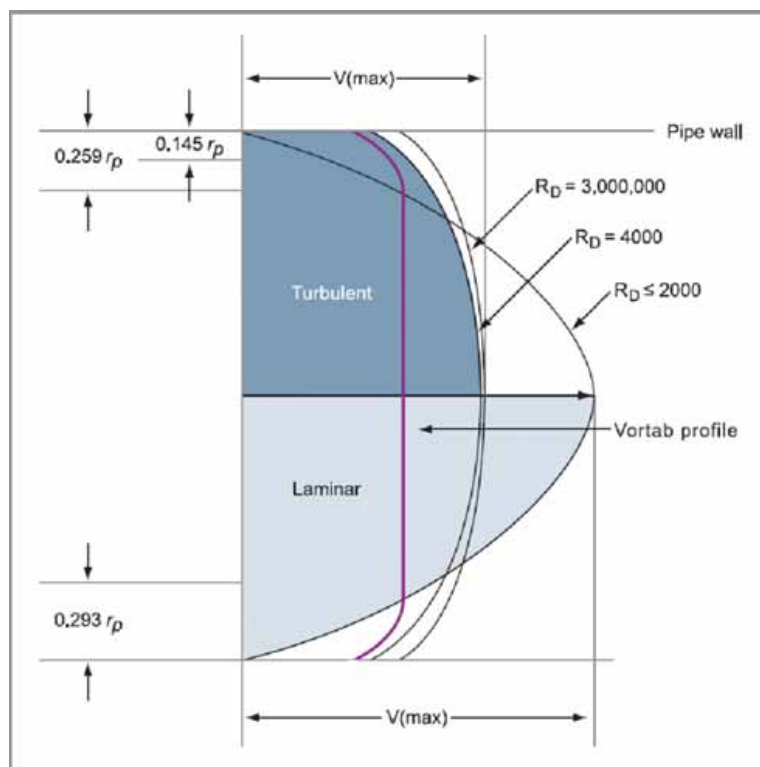
RELACJA: V (ŚR.) I V (MAKS.)

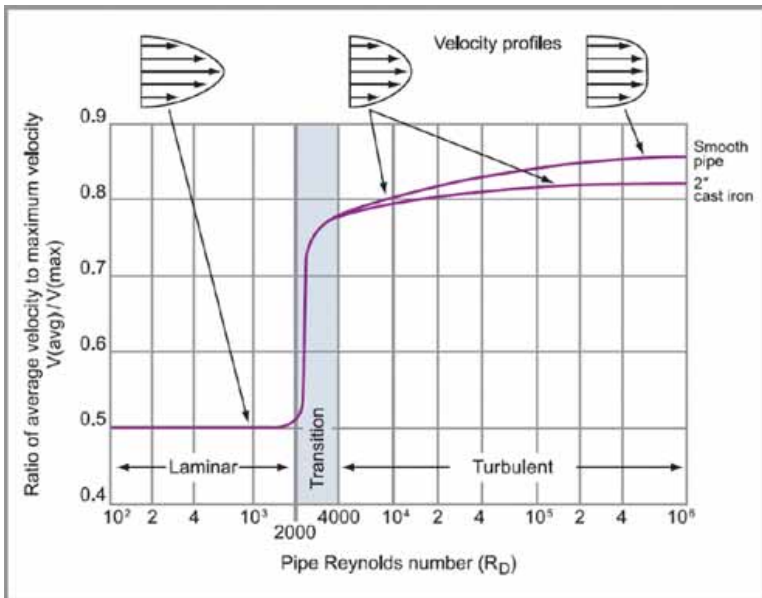
Na rysunku 2 pokazana jest relacja środkowej linii (w osi rurociągu) profilu przepływu między V (maks.) i V (śr.) – może zmieniać się ona z 50% na ponad 80%, ponieważ natężenie przepływu zmienia się z laminarnego na turbulentny.

Prostownice strumienia przepływu Vortab eliminują nieprzewidywalność i niepożądane efekty, przejściowego profilu przepływu. Przechodząc przez prostownicę następuje wytwarzanie spłaszczonego, wysoce powtarzalnego profilu przepływu, który zostaje zasadniczo niezmienny, podczas gdy prędkości i związane z nimi liczby Re zmieniają się z laminarnego, przez przejściowy do przepływu turbulentnego.

W przypadku prostownicy strumienia Vortab zachowana jest zależność między V (śr.) a V (maks.) Dzięki temu uzyskany jest prawie stały profil przepływu. Gdy przepływomierz firmy FCI jest wykalibrowany wraz z prostownicą strumienia, przed przepływomierzem powstaje stabilny i spójny profil przepływu, niezależnie od kierunku

Rysunek 1
Laminarny a turbulentny
profil przepływu





ważniejsze, niezależnie czy profil przepływu wlotu jest funkcją liczby Reynoldsa lub jest zniekształcony przez przeszkody w instalacji rurociągu takie jak kolanka, zawory i inne elementy zaburzające przepływ, profil wyptywu pozostaje nienaruszony.

◀◀
Rysunek 2
Stosunek prędkości średniej do maksymalnej środkowej linii (w osi rurociągu)

SYMULACJA DOKŁADNOŚCI

Aby uświadomić odbiorcę o niepewności pomiaru jaką może uzyskać w wyniku braku wymaganych odcinków prostych, bądź pojawiania się efektu przejściowego, jesteśmy w stanie oszacować dokładność pomiaru dla konkretnych przypadków. Jeżeli tylko użytkownik wskaże nam

lub szybkości zmian, co zapewnia bardzo dokładny i powtarzalny pomiar. We wszystkich aplikacjach FCI można z łatwością określić, czy przepływy przejściowe wystąpią w określonym zakresie pomiarowym. Jednak trudniej jest przewidzieć, czy efekty przepływu przejściowego będą szerokie lub wąskie, czy też gdzie wystąpią w krytycznej części pożądanego zakresu pomiarowego, co wpływa bezpośrednio na dokładność pomiaru.

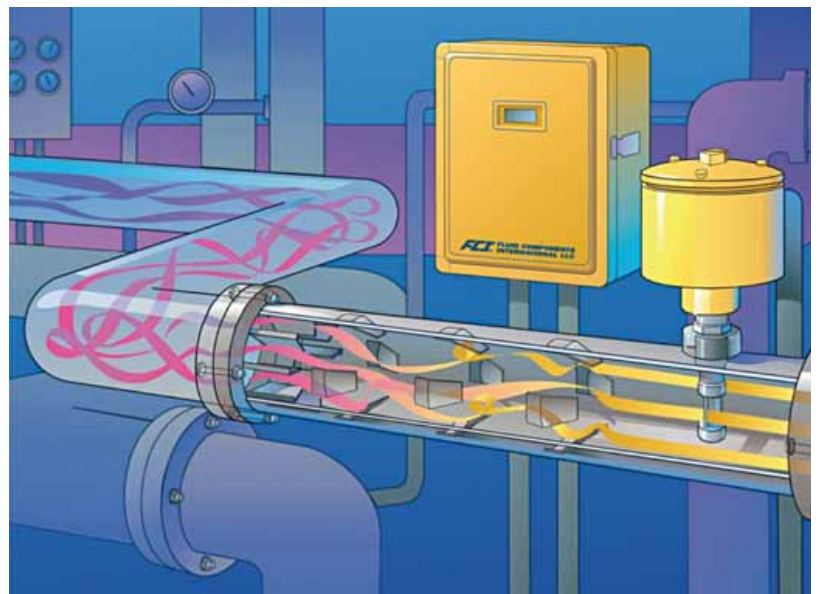
Przeptywomierze termiczne masowe FCI charakteryzują się szerokim zakresem pomiarowym oraz wysoką czułością na niskie wartości przepływu. W rezultacie bardzo często inżynierowie określają duże wymagania dotyczące zakresu pomiarowego, które obejmują profile laminarne, przejściowe i turbulentne. Kalibracja FCI jest względnie łatwa zarówno dla przepływów laminarnych, jak i turbulentnych. Podczas tej samej kalibracji przyrządu zmiany profilu można odtworzyć podczas kalibracji laboratoryjnej. Jednakże gdy istnieją profile laminarne i turbulentne, zawsze istnieje przejściowy profil przepływu, który zawiera olbrzymie różnice. Przeptywomierze FCI są montowane w osi rurociągu, aby konsekwentnie wykorzystywać zależność między maksymalną prędkością V (maks.), a średnią prędkością V (śr.), ponieważ przepływy centralne są najbardziej przewidywalne. Gdy przepływowomierze FCI są instalowane z prostownicami przepływu Vortab, błędy przejściowe są eliminowane, co zapewnia optymalną dokładność w całym zakresie pomiarowym.

PODWÓJNA KORZYŚĆ

Prostownice strumienia przepływu Vortab wykonują podwójne zadanie – niwelują zniekształcenia profilu przepływu występujące z powodu braku wymaganych odcinających prostych przed i za punktem pomiarowym i jednocześnie eliminują skutki niestabilności przejściowej zmiany profilu przepływu. W rezultacie uzyskujemy pewną, ciągłą, wysoką dokładność i powtarzalność działania w najbardziej ekstremalnych warunkach zakresu przepływu. Warto zaznaczyć, że przy krytycznym pomiarze małego przepływu dokładność taka jest na wagę złota.

Przeptywomierz jest optymalnie zlokalizowany za wyjściem z prostownicy Vortab, a dzięki prostownicy profil przepływu jest zasadniczo spłaszczony. Co naj-

elementy jakie zakłócają profil przepływu oraz podaje parametry instalacji, dzięki posiadanej przez nas aplikacji producenta, możemy symulować jaką dokładność uzyskamy. Program oferuje ponad 30 typowych wariantów instalacji, pozwala nam wybrać najlepszy punkt pomiarowy, dzięki któremu uzyskamy najlepszą możliwą dokładność pomiaru.



Stosując prostownice strumienia Vortab uzyskujemy dokładniejszy pomiar w całym zakresie przepływu oraz niwelujemy powstawanie przepływu przejściowego, którego często po prostu nie jesteśmy świadomi. Prostownice skracają też długości wymaganych odcinków prostych do 7D (7 krotność średnic) przed i 1D za punktem pomiarowym. Tym samym prostownice zwiększają dokładność pomiaru jednocześnie pozwalając na pomiar w miejscach o ograniczonych odcinkach prostych.

►
Rysunek 3
Typowa instalacja prostownicy z FCI

Sebastian Bajorek

Absolwent Politechniki Śląskiej, Wydziału Mechaniczno-Technologicznego. W Introlu pracuje od 2013 roku, obecnie na stanowisku menedżera produktu w dziale pomiarów przepływu. Specjalizuje się w pomiarach zwęzkowych, przepływowomierzach termicznych i wirowych.

Tel: 32 789 00 98

