CHINA PRECISION METAL

Przewodnik techniczny | Odlewanie precyzyjne i CNC

Przygotowanie RFQ · DFM · Dobór procesu

Źródło: polska wersja przewodnika technicznego · www.chinaprecisionmetal.com/pl/engineering-resources/engineering-toolkit/

Buduj RFQ wokół gotowej części

Dobre RFQ daje inżynierii i zakupom wystarczające informacje, aby wybrać ścieżkę produkcji, wskazać rzeczywiste czynniki ryzyka i wycenić **gotowy komponent**, a nie tylko etap odlewania lub obróbki. Nie wymaga zbędnej dokumentacji zanim dostawca zrozumie zastosowanie.

Lista RFQ: co przesłać

Dane	Minimalny użyteczny zakres	Dlaczego ma znaczenie
Geometria	Natywny model 3D, jeśli dostępny, oraz kontrolowany rysunek 2D z rewizją	Model wspiera DFM i przegląd oprzyrządowania; rysunek definiuje kontrolowane wymiary, uwagi i kryteria odbioru.
Materiał i warunki pracy	Stop/specyfikacja, stan obróbki cieplnej oraz odpowiednie medium, ciśnienie, temperatura lub środowisko korozyjne	Materiał i warunki mogą zmienić odlewanie, obróbkę cieplną, CNC, wykończenie i weryfikację.
Ilość	Liczba próbek, pierwsze zamówienie, typowa partia i przewidywany wolumen roczny	Ilość wpływa na oprzyrządowanie, wybór procesu, mocowania, plan kontroli i ekonomię gotowej części.
Cechy krytyczne	Bazy, ciasne tolerancje, powierzchnie uszczelniające/łożyskowe, gwinty i rzeczywiście obowiązkowe wymagania	Dostawca może skoncentrować zdolność procesu i kontrolę tam, gdzie błąd ma znaczenie.
Obróbka i wykończenie	Powierzchnie obrabiane, parametr/wartość chropowatości, polerowanie, pasywacja, elektropolerowanie lub powłoka	Zapobiega wycenie niepełnej ścieżki i niepotrzebnym wykończeniom powierzchni niefunkcjonalnych.

Dane	Minimalny użyteczny zakres	Dlaczego ma znaczenie
Jakość i testy	Certyfikat materiału, FAI/PPAP, Cpk, NDT, próba ciśnienia/szczelności i identyfikowalność, gdy wymagane	Weryfikację należy planować razem z procesem, a nie dodawać po wycenie.
Dostawa i model zaopatrzenia	Wymagana data próbek, normalny cel produkcji, miejsce dostawy, opakowanie oraz, gdy istotne, VMI, zamówienie ramowe, zapas z wydaniami, Kanban lub JIT	Oddziela jednorazową pilność od modelu powtarzalnego i wcześnie ujawnia zasady zapasu i uzupełniania.

Pobieralny **RFQ Data Sheet** rozdziela dane projektu, cechy krytyczne, wymagania jakości/testów i odniesienia do plików na pięć arkuszy. W programach powtarzalnych podaj także oczekiwany model dostaw — VMI, zamówienie ramowe, zapas z wydaniami, Kanban, zapas bezpieczeństwa lub JIT — jeśli ma zastosowanie. Wypełnij tylko odpowiednie sekcje.

Lista DFM dla odlewania precyzyjnego

Przed zamrożeniem oprzyrządowania sprawdź:

1. **Najpierw funkcja.** Zidentyfikuj granice ciśnieniowe, drogi przepływu, powierzchnie uszczelniające, gniazda łożysk, strefy wizualne i interfejsy montażowe.
2. **Przejścia przekrojów.** Oceń lokalne masywne strefy, gwałtowne zmiany grubości i długie cienkie drogi płynięcia. Jeśli funkcja pozwala, stosuj promienie i łagodne przejścia.
3. **Oprzyrządowanie i rdzenie.** Sprawdź wyjmowanie modelu woskowego, kierunek podziału, pochylenia, głębokie ślepe kształty, kanały wewnętrzne i zasadność rdzeni rozpuszczalnych lub ceramicznych.
4. **Dostęp do układu wlewowego i odcinania.** W miarę możliwości trzymaj powierzchnie funkcjonalne z dala od obszarów odcinania wlewów/kanałów i zapewnij dostęp do odcinania i wykańczania.
5. **Strategia CNC.** Zdefiniuj powierzchnie odlewane i obrabiane, bazy pierwszego ustawienia, pola mocowania oraz lokalny naddatek na cechach krytycznych.
6. **Dostęp do kontroli.** Zapewnij mierzalność cech krytycznych z praktycznego układu baz i określ sposób weryfikacji cech ukrytych/wewnętrznych.
7. **Ciśnienie i NDT.** Powiąż testy ciśnieniowe/szczelności i badania nieniszczące z rzeczywistym ryzykiem zastosowania i wymaganiami rysunku, zamiast stosować je wszędzie rutynowo.
8. **Dopasowanie ekonomiczne.** Oprzyrządowanie, ilość, redukcję obróbki, wykorzystanie materiału, wykończenie i kontrolę oceniaj łącznie jako **koszt gotowej części**.

Arkusz wyboru procesu: odlewanie precyzyjne vs CNC vs kucie

Zacznij od **wymagania gotowej części**, nie od preferowanego procesu. Poniższa tabela służy do wskazania ścieżki wartej szczegółowego DFM i analizy kosztowej; nie zastępuje walidacji rysunku, materiału i warunków pracy.

Czynnik decyzji	Odlewanie precyzyjne	CNC z materiału przerabianego plastycznie	Kucie + obróbka
Złożona geometria zewnętrzna	Często mocne, gdy kształt near-net znacząco ogranicza obróbkę	Mocne dla małego wolumenu lub łatwo dostępnej geometrii; przy rosnącej złożoności usuwanie materiału może być drogie	Najlepsze, gdy odkuwka wstępna pozostaje stosunkowo prosta; złożone detale zwykle powstają przez obróbkę
Kanały wewnętrzne / cechy trudne do obróbki	Atrakcyjne, jeśli konstrukcja rdzenia i dostęp odlewniczy są wykonalne	Ograniczone dostępem narzędzia, chyba że można wiercić, wytaczać, stosować EDM lub podzielić część	Zwykle nie nadaje się do zamkniętych złożonych kanałów wewnętrznych w odkuwce
Pilny prototyp / projekt w zmianie	Oprzyrządowanie i rozwój procesu zwykle spowalniają start	Często najszybsza ścieżka w materiale produkcyjnym dla małych ilości i zmiennej geometrii	Rozwój matryc jest mniej atrakcyjny przed ustabilizowaniem projektu
Produkcja powtarzalna i wykorzystanie materiału	Poprawia się, gdy wolumen uzasadnia oprzyrządowanie, a near-net redukuje obróbkę/ odpad	Atrakcyjne przy małym wolumenie; ekonomia może się pogorszyć przy ciągłym usuwaniu dużej ilości drogiego stopu	Może być mocne przy trwałym wolumenie, jeśli geometria i właściwości pasują do kucia
Kluczowe właściwości mechaniczne	Odpowiednie dla wielu części przemysłowych przy właściwym stopie, obróbce cieplnej, jakości odlewu i kryteriach odbioru	Zachowuje właściwości wybranego materiału przerabianego, z uwzględnieniem kierunku obróbki i geometrii końcowej	Często preferowane, gdy specyfikacja, zmęczenie/udar lub kierunkowy przepływ włókien są ważne
Ciasne tolerancje / uszczelnienia / łożyska	Cechy krytyczne zwykle są wykańczane po odlewaniu	Bezpośrednia obróbka daje mocną kontrolę dostępnych cech krytycznych	Cechy krytyczne zwykle są wykańczane po kuciu
Inwestycja w oprzyrządowanie / ryzyko zmian	Oprzyrządowanie zwykle wymagane; zmiany po jego wykonaniu powinny być kontrolowane	Brak matrycy odlewniczej/ kuźniczej, więc zmiany są relatywnie łatwe	Matryce produkcyjne mogą być znaczące i preferują stabilny projekt
Praca ciśnieniowa wymagająca szczelności	Sam proces nie gwarantuje szczelności; projekt, kontrola odlewu, obróbka i określona weryfikacja ciśnienia/ szczelności pozostają decydujące	Gęsty materiał przerabiany może uprościć ryzyko materiału wejściowego, ale końcowe uszczelnienie nadal zależy od projektu i obróbki	Gęsta odkuwka może uprościć ryzyko wejściowe, ale końcowe uszczelnienie nadal zależy od projektu i obróbki

Praktyczna sekwencja selekcji

1. **Najpierw wyklucz ograniczenia niepodlegające negocjacji:** specyfikację materiału, wymagane właściwości, wymagania norm/klienta i ryzyko użytkowe.
2. **Porównuj ekonomikę gotowej części, nie cenę surowego procesu:** oprzyrządowanie, wydajność materiału, godziny CNC, mocowania, wykończenie, kontrola i wolumen powtarzalny należą do jednego porównania.
3. **Używaj CNC jako użytecznego benchmarku:** nawet jeśli nie będzie trasą długoterminową, obróbka z pełnego materiału pokazuje wartość near-net i może być właściwa dla pilnych prototypów lub małych ilości.

4. **Cechy krytyczne pozostaw neutralne względem procesu:** powierzchnie uszczelniające, gniazda łożysk, gwinty i ciasne bazy mogą nadal wymagać CNC niezależnie od procesu startowego.
5. **Waliduj przed konwersją:** zmianę między kuciem, odlewaniem i obróbką z materiału należy potwierdzić względem kontrolowanego rysunku i rzeczywistych wymagań użytkowych.

Praktyczny przykład to duńskie studium przejścia z kucia na odlewanie precyzyjne, gdzie trasę zmieniono dopiero po potwierdzeniu wykonalności technicznej, a klient zgłosił około 30% niższy koszt komponentu.

Jak wygląda pakiet gotowy do wyceny przez dostawcę

Użyteczny: kontrolowany rysunek 2D + materiał + ilość. Wystarcza do wstępnej oceny procesu i warunków handlowych.

Lepszy: natywny 3D + kontrolowany 2D + wolumen roczny + wymiary krytyczne + wymagania wykończenia. Umożliwia szybszy DFM i bardziej wiarygodną definicję procesu.

Najlepszy: powyższe plus warunki pracy, wymagania jakości/testów, terminy, opakowanie i logistyka. Ogranicza pętle wyjaśnień i zbliża ofertę do rzeczywistego programu produkcyjnego.