

Dobra wtryskarka, czyli jaka?

Przemek Narowski :: 22.10.2023



Gdy po raz pierwszy zobaczyłem takie jak to kilkudziesięcioletnie cudo polskiej przed transformacyjnej myśli technicznej w Zakładzie Przetwórstwa Tworzyw Sztucznych Politechniki Warszawskiej, zapytałem się siedzącego obok pana Szymona Zięby czy to jeszcze działa. 😊

Pan Szymon zgasiwszy papierosa, wyciągnął z szuflady kilkadziesiąt kartek maszynopisu z naniesionymi odręcznymi notatkami i podając je mi powiedział tylko: "Działa... i to lepiej niż niejedna nowa maszyna."

Ten dokument był zestawieniem wyników pomiarów określających zdolność maszyny do powtarzalnej realizacji procesu, prowadzonych od momentu zakupu wtryskarki przez politechnikę.

Polimerowy Pentagram

Religioznawcom i fanom gier z serii "Diablo" ten termin może źle się kojarzyć, ale chodzi po prostu o pięć głównych czynników, które definiują jakość wypraski. Wtryskarka jest oczywiście jednym z nich.



Składowe jakości wypraski

Jak sprawdzić formę pisałem już [tutaj](#) i [tutaj](#), a o reszcie jeszcze kiedyś napiszę. 😊

Kolejną cyferką, która sponsoruje dzisiejszy wpis jest oprócz piątki cyfra 4. Dlatego, że mamy cztery podstawowe parametry stanu tworzywa w formie. Więcej o nich znajdziesz w tym [wpisie](#), a jak sprawdzić czy maszyna jest w stanie wystracząco dokładnie kontrolować te parametry już za chwilę.

Parametr 1. Prędkość przepływu tworzywa

Precyzyjna kontrola przepływu tworzywa jest kluczowa, ponieważ polimery zmieniają lepkość wraz ze zmianą prędkości płynięcia (są rozrzedzane ścinaniem). Jeśli wtryskarka nie jest w stanie powtarzalnie realizować zadaną prędkość wtrysku (czas napełniania gniazda), to lepkość tworzywa różni się między poszczególnymi cyklami. Wypraski nie będą identyczne, ponieważ zmiany lepkości powodują różne gradienty ciśnienia wewnątrz gniazda formy. Ponadto zmienia się też stopień orientacji makrocząsteczek.

Mamy 4 sposoby na sprawdzenie jak wtryskarka radzi sobie z kontrolą prędkości przepływu tworzywa w formie.

Test wrażliwości na zmianę obciążenia jednostki wtryskowej

Test wrażliwości na obciążenie sprawdza zdolność maszyny do wtryskiwania tworzywa z powtarzalną prędkością, pomimo różnic między partiami surowca, zmian temperatury i innych parametrów, które wpływają na lepkość tworzywa. Ideą testu jest zmiana obciążenia jednostki wtryskowej i obserwowanie zmian czasu wtrysku.

Przebieg testu:

1. Po normalnej, dłuższej pracy wtryskarki zmieniamy wartość ciśnienia docisku na wartość nie większą niż 0,5 MPa (idealnie byłoby 0 MPa).
2. Zmieniamy położenie punktu przełączenia na docisk, tak aby otrzymać wypraski o 95-99% wypełnieniu gniazda.
3. Przynajmniej dla 3 kolejnych cykli notujemy wynikowy czas wtrysku i ciśnienie wtrysku.
4. Obliczamy średni czas wtrysku t_1 i średnie ciśnienie wtrysku p_1 .
5. To samo robimy dla 3 wtrysków "w powietrze". Musimy pamiętać, że wtryskarka powinna pracować w trybie automatycznym. Jeśli nasza maszyna nie ma takiej "opcji", to trzeba się postarać o jakąś "ramkę" do zamocowania w miejsce formy. Jedynie co można zmienić to przeciwcisnienie, jeśli mamy problemy z dozowaniem.
6. Ponownie liczymy średnie arytmetyczne t_2 i p_2 , a następnie podstawiamy do wzoru.

$$E = \frac{(t_1 - t_2) \cdot 100}{t_1} \cdot \frac{(p_1 - p_2)}{p_1} \cdot 100\%$$

Jeśli $E < 0,71$ [%/MPa], to nasza wtryskarka zdała ten test i przechodzi o następnej rundy, którą jest...

Test powtarzalności przełączania na docisk

W trakcie stabilnej i dłuższej pracy maszyny z prędkością wtryskiwania minimum 50% maksymalnej dla danej wtryskarki, notujemy rzeczywistą pozycję ślimaka w momencie przejścia na docisk przez 24 godziny. Odchylenie standardowe pomiarów nie powinno wynosić więcej niż 1% maksymalnego skoku dozowania wtryskarki.

Test powtarzalności czasu wtrysku

Podczas pracy maszyny w cyklu automatycznym i produkcji jakościowo zgodnych wyprasek, monitoruj rzeczywisty, wynikowy czas wtrysku przez 24 godziny. Odchylenie standardowe pomiarów nie powinno wynosić więcej niż 1% wartości średniej.

Test powtarzalności dozowania

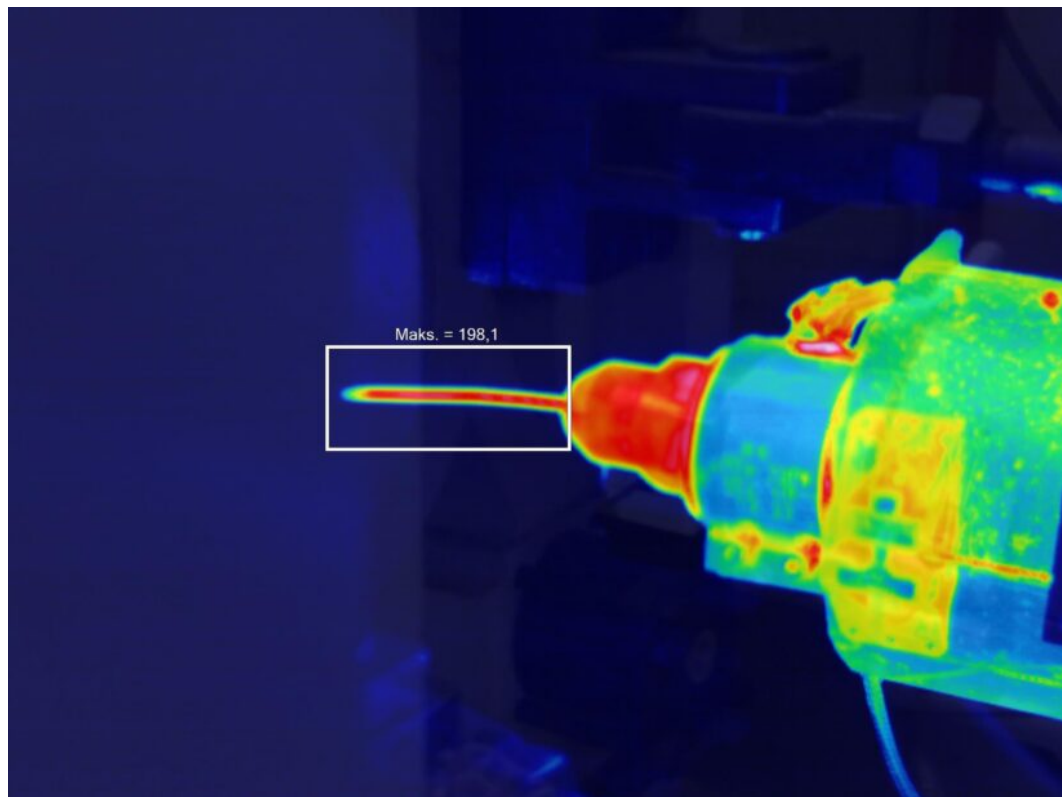
Jak powyżej, tylko tym razem monitorujemy drogę dozowania. Rozrzut wyników nie może przekroczyć 1% zadanej wartości drogi dozowania.

Parametr 2. Temperatura tworzywa

Znajomość rzeczywistej temperatury wtrysku pozwala nam wyznaczyć początkową lepkość tworzywa, czas chłodzenia, stopień krystaliczności oraz prawdopodobieństwo degradacji materiału. Wartości nastaw grzałek zawsze nie odzwierciedlają rzeczywistej temperatury tworzywa. Różnice wynoszące przynajmniej 10% są powszechne, ale nieakceptowalne.

Test temperatury wtrysku

Podczas pracy maszyny w cyklu automatycznym i produkcji jakościowo zgodnych wyprasek przerwij proces i zmierz przy pomocy kamery termowizyjnej temperaturę wyphywającej z ustnika strugi. [Tutaj](#) napisałem jak to dokładnie zrobić.



Przykładowy pomiar temperatury wtrysku kamerą IR

Różnica wartości zmierzonej i [ustawionej](#) nie powinna być większa niż 10°C.

Test temperatury tworzywa w dyszy

Upewnij się, że dysza jest otwarta i stopione tworzywo swobodnie z niej wypływa. Z zachowaniem wszelkich środków ostrożności (rękawice, przyłbica) włoż termoparę do dyszy. Poczekaj, aż temperatura ustabilizuje się na czujniku, a następnie odczytaj wynik. Różnica między pomiarem a wartością zadaną nie powinna przekroczyć 3°C.

Test powtarzalności czasu dozowania

Monitoruj czas dozowania podczas pracy w cyklu automatycznym i produkcji akceptowalnych wyprasek przez 24 godziny. Maksymalna dopuszczalna wartość odchylenia standardowego rozkładu czasu uplastyczniania wynosi 5% wartości średniej.

Test zmienności przeciwcisnienia

Jak wyżej z tą różnicą, że tolerancja odchylenia standardowego przeciwcisnienia to 2% wartości średniej.

Parametr 3. Ciśnienie tworzywa

Ciśnienie tworzywa, a dokładniej gradient ciśnienia wewnątrz gniazda, wpływa na wymiary, wagę, wciągi, jamy skurczowe, deformacje i inne właściwości wypraski. Choć ciśnienie hydrauliczne w układzie wtryskarki nigdy nie odpowiada ciśnieniu tworzywa w gnieździe formy, to musi być precyzyjnie kontrolowane i stabilne.

Test powtarzalności czasu przełączenia na docisk

Czas przełączenia z wtrysku na docisk stanowi miarę bezwładności sterownika wtryskarki i zaworu zwrotnego na ślimaku.

Dla 10 kolejnych cykli zmierz czas, jaki jest potrzebny na przejście z wtrysku na docisk. Ten czas rozpoczyna się w punkcie przełączenia i kończy się, gdy ciśnienie docisku osiągnie wartość zadaną i jest stabilne. Pożądana wartość średniej z tych pomiarów to poniżej 0,1 s, ale 0,4 s jest jeszcze do zaakceptowania.

Test powtarzalności ciśnienia docisku

Tutaj tradycyjnie przez 24 godziny monitoruj osiąganą przez maszynę wartość ciśnienia docisku. Najlepiej, żeby na potrzeby testu docisk nie był profilowany (stała wartość ciśnienia podczas całego czasu docisku). Odchylenie standardowe z pomiarów nie powinno przekraczać 1% wartości zadanej.

Parametr 4. Szybkość chłodzenia tworzywa

Szybkość i czas chłodzenia tworzywa w formie determinują stopień zamrożenia utworzonej podczas przepływu orientacji makrocząstek w wyprasce, a zatem rozkład i wartość naprężeń resztkowych, oraz stabilność wymiarową naszego produktu.

Podstawowym testem wtryskarki sprawdzającym jakość kontroli szybkości chłodzenia tworzywa jest powtarzalność czasu cyklu. Odchylenie standardowe czasu cyklu zarejestrowanego w przeciągu 24 godzin nieprzerwanej produkcji nie powinno być większe niż 1% wartości średniej.

Wnioski

Mam nadzieję, że powyższe testy posłużą Ci do obiektywnej oceny różnych wtryskarek (elektrycznych, hydraulicznych, starych, nowych) pod kątem zdolności do kontrolowania parametrów stanu tworzywa w formie, niezależnie od formy i peryferii.

Czasami może okazać się, że starsze ale precyzyjnie wykonane maszyny są dokładniejsze od tych nowych z dwudziestocalowymi kolorowymi wyświetlaczami i milusim w dotyku joystickiem. 😊



diagram

**diagnozy wady wypraski
w systemie CAE
i sposoby jej usunięcia**

POBIERAM