

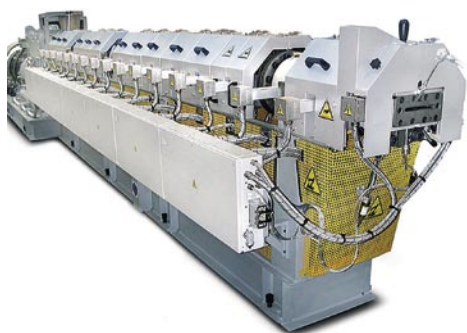
MARIS – technologia produkcji mieszanek gumowych na wylączarkach dwuślimakowych



Firma MARIS, należąca do liderów w dziedzinie technologii kompowania, opracowała i wdrożyła technologię produkcji mieszanek gumowych w trybie ciągłym na wylączarkach dwuślimakowych współbieżnych.

MGR INŻ. ELIGIUSZ SIDOR
MGR INŻ. MARCIN JĘDRZEJCZYK

Innowacyjna metoda posiada wiele zalet w stosunku do rozwiązań tradycyjnych. Pozwala na bardzo precyzyjne dozowanie składników i łatwe automatyczne sterowanie procesem, jak również na otrzymywanie mieszanek gumowych o najwyższych wymaganiach jakościowych i o stałości składu znacznie wyższej niż w systemach periodycznych. Technologia MARIS nadaje się zarówno do produkcji wielkoseryjnej jak i do małych serii. Umożliwia łatwe zmiany receptury mieszanki, co jest szczególnie ważne przy stosunkowo niewielkich partiach produkcyjnych. Dodatkową zaletą tej technologii jest możliwość filtracji mieszanek na tej samej maszynie, co obniża koszty całego procesu.



Opracowanie przez MARIS technologii produkcji mieszanek gumowych na wylączarkach dwuślimakowych stało się możliwe dzięki dwóm czynnikom. Pierwszym z nich jest wprowadzenie na rynek wylączarek o dużym momencie właściwym, pozwalającym na przetworzenie materiałów o dużej lepkości, jakimi są m.in. kauczuki naturalne i syntetyczne. Drugim czynnikiem było bardzo bogate, wieloletnie

doświadczenie firmy MARIS w realizacji podobnych innowacyjnych projektów przetwórstwa różnorodnych materiałów na wylączarkach dwuślimakowych. Zastosowanie do produkcji mieszanek gumowych wylączarek wysokobrotowych o zwiększonej objętości ślimaka dodatkowo pozwoliło na uzyskiwanie znacznych wydajności produkcji.

Wylączarka dwuślimakowa współbieżna (w skrócie nazywana CTSE od *Corotating Twin Screw Extruder*) jest dynamicznym mieszalnikiem ciągłym pozwalającym na uplastycznienie, mieszanie, dyspergowanie i homogenizowanie składników mieszaniny w ściśle kontrolowanych, stabilnych warunkach temperaturowych.

Możemy wyróżnić trzy główne podzespoły maszyny: grupę motoreduktora napędowego, zespół dozowania i podawania surowców oraz strefę procesu – cylinder i ślimaki.

Modułowość konstrukcji to jeden z powodów, dla których maszyna ta osiągnęła tak wielki sukces: projektowanie strefy procesu odbywa się przez dobór odpowiedniej sekwencji segmentów realizujących rozmaite funkcje procesowe. Cecha ta odegrała również decydującą rolę w przypadku produkcji mieszanek gumowych, gdzie cylinder maszyny został podzielony na następujące strefy procesowe:

- strefa mieszania dyspergującego, umożliwiająca uplastycznienie kauczuku i innych składników,
- strefa mieszania dystrybucyjnego, osobna dla napełniaczy i osobna dla dodatków wrażliwych na temperaturę,
- strefa bezpośredniego wtrysku plastyfikatorów, strefa odgazowania
- strefa wzrostu ciśnienia (pompowanie) umożliwiająca wytłoczenie mieszanki gumowej o zadanej formie (pasy).

Ta innowacyjna technologia produkcji mieszanek gumowych wykorzystuje specyficzne zalety wylączarek dwuślimakowych współbieżnych:

- możliwość niezależnego dozowania w różnych punktach procesu dużych ilości napełniaczy mineralnych i pigmentów
- możliwość dozowania dużych ilości plastyfikatorów oraz żywic niskotopliwych bezpośrednio do cylindra w dowolnym momencie.
- możliwość dozowania dodatków wrażliwych termicznie
- możliwość przetwarzania polimerów o dużej lepkości, jakimi są tworzywa elastomerowe na bazie kauczuków naturalnych i syntetycznych, dzięki wylączarkom o dużym momencie obrotowym.

PROCES

Projektowanie produkcji mieszanek gumowych z wykorzystaniem CTSE rozpoczyna się od analizy następujących czynników:

- forma i stan surowców użytych do produkcji mieszanek gumowych (jeżeli surowce nie są w formie granulatu lub proszku posiadającego cechy swobodnego płynięcia będą wymagały zmielenia),
- właściwości reologiczne kauczuków,
- dyspersja dużej ilości napełniaczy, sadzy czy krzemionki,
- obecność w recepturze plastyfikatorów lub żywic niskotopliwych,
- dozowanie i homogenizacja małych dodatków.

Podawanie kauczuku

Wylączarki dwuślimakowe współbieżne są w stanie przetwarzać materiał w postaci proszku, granulatu, płatków czy innych

kształtów, które mogą być dozowane grawimetrycznie. Preferowane są więc kauczuki w tej postaci, które dodatkowo zawierają już pewną ilość napelniaczy jak sadze czy krzemionki. Kauczuki, które nie są dostarczane w tej postaci tylko w formie bloków, muszą być poddane mieleniu do wielkości cząstek nieprzekraczającej średniej głębokości zwojów kanału ślimaka wytłaczarki. Najlepsze rezultaty otrzymuje się, gdy cząstki kauczuku nie są większe niż 10-12 mm.

W przypadku bardzo lepkich kauczków konieczne jest dodawanie w trakcie procesu mielenia środków zapobiegających sklejanii. Należy też unikać długich czasów składowania od momentu zmielenia do podania na maszynę.

Schematy procesu

Wyróżniamy dwie fazy produkcji mieszanek gumowych:

1. **Mieszanie i homogenizacja głównych składników mieszanki:**
- załadunek, dozowanie, uplastycznienie kauczuku i podanie ewentualnych małych dodatków / załadunek, dozowanie i dyspersja napelniaczy wzmacniających / załadunek, dozowanie plastyfikatorów i żywic niskotopliwych / homogenizacja wsadu.

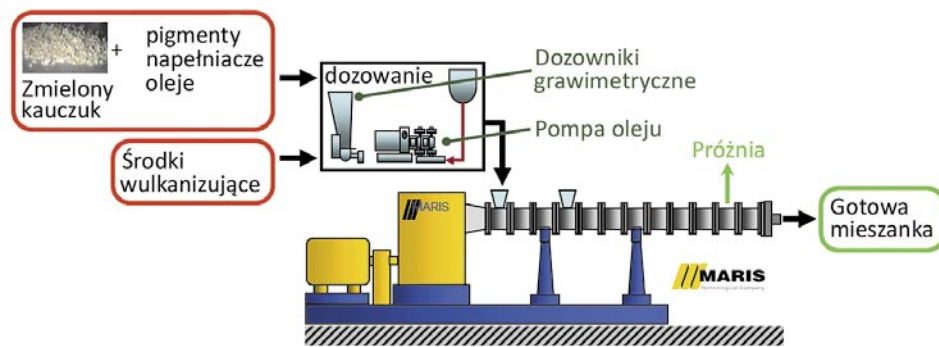
2. **Dodawanie do mieszanki układu wulkanizacyjnego**

W zależności od lepkości mieszanki i szybkości wulkanizacji faza ta może być zrealizowana na dwa sposoby:

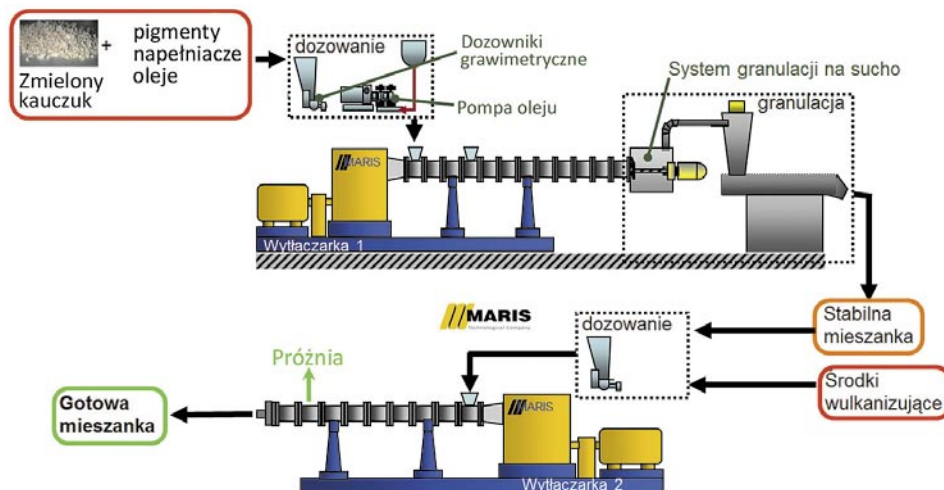
Proces jednoetapowy – mieszanki jednocyklowe

Mieszanka po zhomogenizowaniu przechodzi do kolejnej strefy wytłaczarki o obniżonej temperaturze, gdzie następuje dozowanie grawimetryczne układu wulkanizującego. Mieszanie w tej strefie jest tylko na tyle intensywne by zagwarantować optymalną homogenizację mieszanki, przy minimum energii dostarczanej do materiału, bez ryzyka przegrzania i podwulkanizacji.

Ponieważ rozładunek mieszanki z wytłaczarki musi następować przy stosunkowo niskiej temperaturze to konfiguracja parametrów tej końcowej strefy wytłaczarki będzie pewnym kompromisem pomiędzy warunkami potrebnymi do skutecznego przeprowadzania procesu mieszania a tymi, przy których mieszanka może opuścić wytłaczarkę. Ustalenie tych parametrów jest kluczowe dla uzyskania jednocześnie dużej wydajności i dobrej jakości wymieszania.



Rys. 1. Schemat procesu jednoetapowego.



Rys. 2. Schemat procesu dwuetapowego.

Proces dwuetapowy – mieszanki dwucyklowe

Mieszanka bez dodatku układu wulkanizacyjnego jest produkowana na pierwszej wytłaczarce natomiast dodawanie układu wulkanizacyjnego odbywa się na drugiej wytłaczarce w dwóch możliwych wariantach:

W pierwszym wariantcie operacje te następują jedna po drugiej w procesie ciągłym bez pośrednich operacji chłodzenia, składowania i sezonowania mieszanki. Druga wytłaczarka posiada inną konfigurację ślimaków i pracuje przy obniżonych obrotach w stosunku do pierwszej. Środki wulkanizujące są dozowane grawimetrycznie w jednej z ostatnich stref wytłaczarki.

W drugim wariantcie mieszanka po opuszczeniu pierwszej wytłaczarki jest ochładzana i składowana w postaci pasów lub granulatu. Drugą fazę procesu polegającą na dodaniu układu wulkanizacyjnego przeprowadza się tuż przed planowanym zużyciem mieszanki.

Wprawdzie konieczność ponownego podgrzewania mieszanki w drugim etapie wiąże się z wyższymi kosztami energii, to w wielu przypadkach korzystne jest opóźnienie momentu dodawania układu wulkanizacyjnego z przyczyn technologicznych czy logistycznych.

Stabilność i powtarzalność procesu

Stalność i powtarzalność jakości produktu, będąca jedną z głównych zalet produkcji w trybie ciągłym, jest zapewniona przez zastosowanie systemu dozowników grawimetrycznych, które umożliwiają stabilne podawanie składników receptury do urządzenia. Ponadto możliwe jest ciągle monitorowanie stabilności wytłaczarki i kontrola jakości materiału w trakcie procesu produkcyjnego. Doświadczenie pokazuje, że bardzo wysoką stabilność można osiągnąć zarówno dla parametrów procesowych (takich jak moment obrotowy ślimaków czy całkowita wydajność), jak i dla jakości produktu, przy przetwarzaniu różnych materiałów. Przykład monitorowania parametrów procesu

podczas produkcji EPDM jest pokazany na rysunku 3.

W celu sprawdzenia stabilności jakości mieszanki podczas produkcji w długim okresie czasu monitorowano jej właściwości mechaniczne i reologiczne. Wykresy stabilności tych parametrów przedstawione zostały na rysunku 4 (właściwości mechaniczne) oraz rysunku 5 (właściwości reologiczne).

Energia właściwa

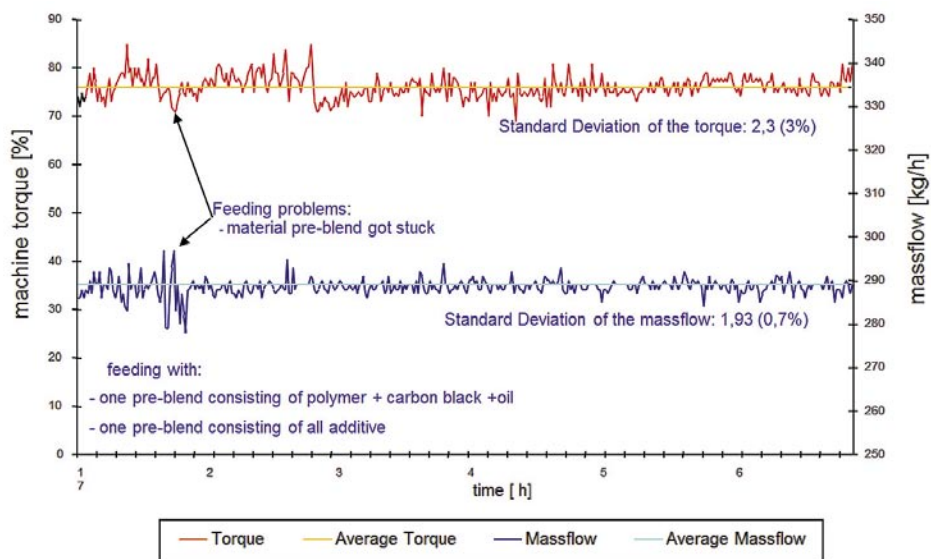
Energia właściwa niezbędna do przetworzenia mieszanki gumowej wzrasta wraz z poziomem jej lepkości i jest zależna od wielkości ziarna zmielonego kauczuku oraz ilości cykli. Z doświadczenia wynika, że najmniejsza energia właściwa jest osiągana dla granulowanych przedmieszek zawierających już pewną ilość napelniaczy.

Wzrost temperatury mieszanki jest bezpośrednio związany z lepkością mieszanki, prędkością obrotową ślimaków oraz zależy od czasu rezydencji mieszanki w wytłaczarce. Ciepło wytwarzane w trakcie procesu jest odbierane od mieszanki poprzez ścianki cylindra i ślimaka dzięki systemowi termoregulacji wodnej. By zmniejszyć ilość wytwarzanego ciepła, co jest istotne zwłaszcza w drugim etapie cyklu przy dodawaniu środków wulkanizujących, stosuje się ślimaki o dużej głębokości zwojów i napędzane reduktorem o wysokim momencie właściwym. Ich duża pojemność gwarantuje osiągnięcie dużej wydajności przy niższych prędkościach obrotowych.

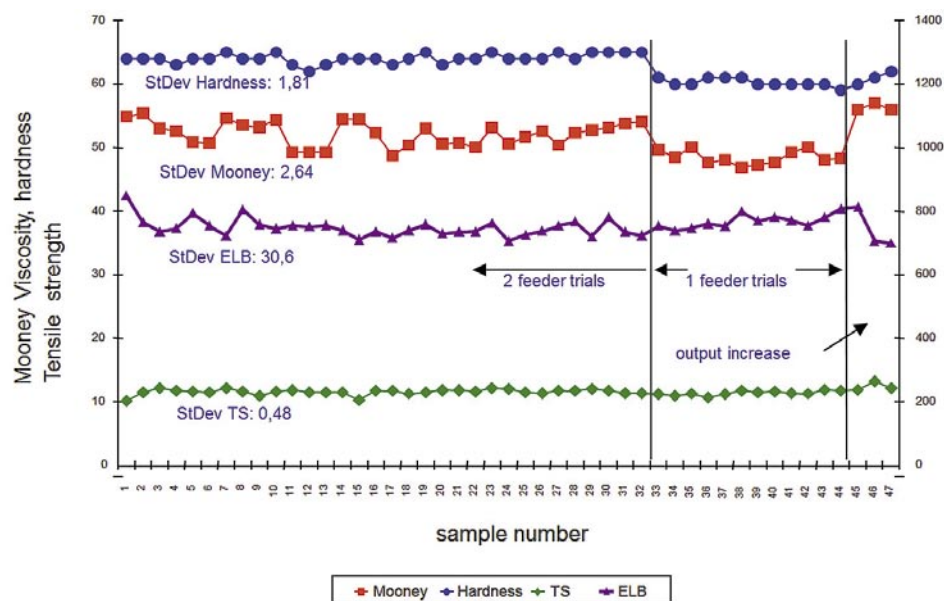
Mimo to temperatury mieszanki mierzone na wyjściu z wytłaczarki są wyższe niż te uzyskiwane w tradycyjnym procesie periodycznym. Nie ma to jednak negatywnego wpływu na właściwości technologiczne mieszanki i nie powoduje podwulkanizacji. Dzieje się tak dlatego, że czasy rezydencji mieszanki w wytłaczarce są krótsze niż w procesie tradycyjnym. Czas przebywania materiału w maszynie wynosi średnio od 30 do 60 sekund dla każdego cyklu w przypadku mieszanki dwucyklowych oraz około 60-90 sekund w przypadku produkcji jednocyklowej. Jeśli chodzi o czas rezydencji środków wulkanizujących, które dozowane są z opóźnieniem, to wynosi on od 20 do 40 sekund.

Uplastycznienie kauczuku – eliminacja miksera zamkniętego

Wytłaczarka dwuślimakowa współbieżna jest w stanie uplastyczyć kauczuk naturalny umożliwiając w ten sposób wyeliminowanie tradycyjnie do tego celu stosowanego miksera zamkniętego. Dzięki odpowiedniej kombinacji temperatury pierwszych stref wytłaczarki oraz specjalnego profilu ślimaka i jego prędkości



Rys. 3. Stabilność parametrów procesowych podczas mieszania mieszanki gumowych (mieszanka na bazie EPDM).



Rys. 4. Stabilność właściwości mechanicznych mieszanki na bazie EPDM w czasie procesu produkcyjnego.

obrotowej następuje obniżenie lepkości kauczuku do oczekiwanej wartości, ściśle związanej z ilością przetransferowanej energii właściwej.

Dyspersja napelniaczy

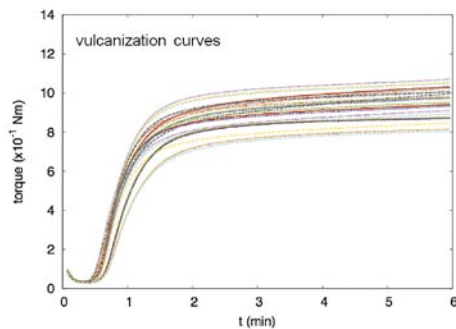
Zdyspergować i zhomogenizować napelniacz w matrycy polimerowej to znaczy rozdrobnić cząsteczki tego napelniacza do jak najmniejszych rozmiarów poprzez rozbitcie aglomeratów w celu powleczenia ich ze wszystkich stron osnową polimerową. Z punktu widzenia mechaniki do procesu dyspersji potrzebna jest obecność sił ścinających wywieranych w mate-

riale przez odpowiednio ukształtowane, obracające się segmenty mieszające ślimaka.

W rzeczywistości polega to na przesuwananiu warstw polimeru względem siebie z różnymi prędkościami prowadząc do generowania naprężeń ścinających i rozciągania aglomeratów. Intensywność tego zjawiska zależy od prędkości obrotowej ślimaków i od ich geometrii.

Podawanie napelniaczy podajnikami bocznymi

Napelniacze dozowane grawimetrycznie wprowadzane są do wytłaczarki za pomocą



Rys. 5. Monitorowanie właściwości reologicznych mieszanki na bazie EPDM w czasie procesu produkcyjnego.

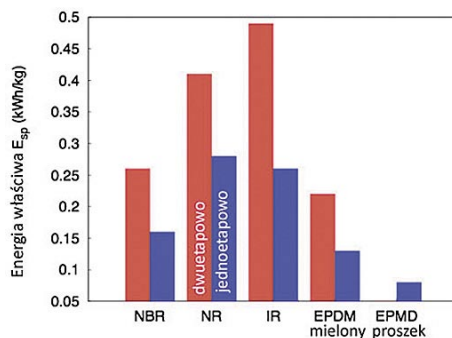
jednego lub więcej dwuślimakowych podajników bocznych. To umożliwia podawanie napelniaczy do już ogrzanego i uplastycznionego kauczuku, dzięki temu redukuje się prawdopodobieństwo tworzenia się agregatów, obniża się energia właściwa potrzebna do zdyspergowania napelniacza oraz zmniejsza się zużycie ślimaków i cylindra. Dzięki temu możliwe jest także znaczne zwiększenie stopnia napelnienia mieszanki poprzez stopniowe zwiększanie ilości podawanego napelniacza w trakcie procesu.

Podawanie składników ciekłych

Podawanie plastyfikatorów, silanów lub innych dodatków ciekłych odbywa się bezpośrednio do cylindra wylączarki. Segment cylindra w tym miejscu jest wyposażony w układ wtryskowy zasilany pompą sterowaną grawimetrycznie.

Podawanie małych dodatków

Do istotnych aspektów technologii produkcji mieszank gumowych w trybie ciągłym jest otrzymanie dobrej dystrybucji i homogenizacji licznych dodatków podawanych w małych ilościach. W większości przypadków nawet niewielkie wahania dozowanych ilości mogą mieć duży wpływ na właściwości końcowe otrzymywanych mieszank. Często wymagają one różnego czasu rezydencji i sposobu obróbki, występują ponadto w różnych postaciach i uziarnieniu. Z tego powodu już na etapie projektowania procesu istotne jest, aby właściwie dobrać strefy cylindra, w których będą dozowane małe dodatki. W celu ograniczenia ilości dozowników i nadmiernego rozbudowania instalacji konieczne jest opracowanie metody wykonywania premiksów. Dobrze zaprojektowana instalacja pozwala na otrzymanie mieszanki, w której rozrzut dystrybucji małych dodatków nie przekracza 2%.



Rys. 6. Energia właściwa dla różnych rodzajów mieszanek.

Strefa pompowania i obróbki wykańczającej

Ponieważ same wylączarki dwuślimakowe współbieżne posiadają ograniczoną sprawność pompowania oraz ze względu na wysoką lepkość mieszanek gumowych do obróbki wykańczającej (filtrowanie, granulacja) stosuje się dodatkowo pompy zębate. Ich użycie zapobiega nadmiernemu wzrostowi temperatury mieszanki w ostatniej fazie cyklu.

Zastosowania

Chociaż produkcja mieszank gumowych w trybie ciągłym na wylączarkach dwuślimakowych współbieżnych jest technologią stosunkowo nową, to MARIS posiada już kilka ciekawych aplikacji z ważnymi europejskimi producentami mieszank gumowych na bazie EPDM, NBR, SBR, NR, IR, CIIR, BR. Wśród docelowych zastosowań mieszank znalazły się m.in. elementy do samochodów jak np. różne uszczelki do drzwi, spody obuwnicze, elementy mechanizmów ruchomych (uszczelki, elementy antywibracyjne, uszczelnienia harmonijkowe itp.).

Wnioski

Proces produkcji mieszank gumowych na wylączarkach dwuślimakowych stanowi istotną alternatywę dla tradycyjnych procesów periodycznych realizowanych na mikserach zamkniętych i walcarkach i posiada wiele zalet.

Cechą charakterystyczną tego procesu jest jego pełna automatyzacja, wysoka dokładność i łatwość precyzyjnego sterowania jego parametrami. Dotyczy to zarówno precyzji dozowania składników i powtarzalności składu mieszanki w długim okresie czasu jak i możliwości dobierania i utrzymywania właściwych temperatur procesu oraz czasów rezydencji mieszanki w wylączarce w celu uniknięcia podwulkanizacji.

Istotną zaletą jest eliminacja miksera zamkniętego, ponieważ wylączarka dwuślimakowa współbieżna jest w stanie uplastycnić kauczuk. W tej technologii udało się zastąpić system periodyczny, składający się z miksera zamkniętego i walcarek tylko jedną maszyną, gwarantującą: powtarzalność, w pełni automatyczną i niewymagającą bezpośredniej pracy operatorów oraz łatwą i bezpieczną w obsłudze.

W technologii MARIS osiągnięta jest bardzo dobra dyspersja i homogenizacja napelniaczy. Istotną zaletą jest możliwość podawania napelniaczy podajnikami bocznymi do już ogrzanego i uplastycznionego kauczuku. Dzięki temu redukuje się prawdopodobieństwo tworzenia się agregatów i obniża się energia właściwa potrzebna do zdyspergowania napelniaczy. W efekcie możliwe jest także znaczne zwiększenie stopnia napelnienia mieszanki.

Dużo łatwiejsze niż w metodach tradycyjnych jest podawanie dodatków ciekłych. Również istotną zaletą tej technologii jest otrzymanie dobrej dystrybucji i homogenizacji licznych dodatków podawanych w małych ilościach.

Zaletą o dużym znaczeniu jest również możliwość filtracji mieszank on-line, tj. zaraz na wyjściu z wylączarki a nie jak w układach tradycyjnych, gdzie mieszanki są filtrowane osobno poza linią. Tradycyjnie proces filtracji wymaga oddzielnej linii do filtrowania na zimno i prowadzenia procesu wieloetapowo. Wiąże się to z koniecznością ponownego podgrzania i przetłoczenia już gotowej mieszanki oraz jej ponownego schłodzenia i układania. Filtrowanie prowadzone w ten sposób powoduje wzrost kosztów zarówno z uwagi na wydłużenie procesu produkcyjnego, jak i z uwagi na wzrost zużycia energii. Natomiast w tej technologii wykorzystywana jest ciepła mieszanka, która jest filtrowana na wyjściu z wylączarki przy pomocy pompy zębatej, która tłoczy mieszankę przez sito filtracyjne. Filtrowanie w linii pozwala na znaczne obniżenie kosztów produkcji mieszanki, gdyż filtrowanie wykonywane jest w jednym procesie, w ostatnim etapie produkcji mieszanki gumowej.

Bardzo ważną praktyczną zaletą tego procesu jest również to, że nadaje się zarówno do produkcji wielkoseryjnej z wydajnościami kilku ton na godzinę jak i do małych serii o wydajności produkcji kilkuset kilogramów na godzinę. Jest to istotne zwłaszcza w sytuacji, gdy potrzeby produkcyjne wymagają częstych zmian receptury mieszanki przy stosunkowo niewielkich wielkościach partii produkcyjnych. ■

Więcej informacji na stronie:
www.ipmtc.com.pl