

Materiał cylindra powinien posiadać strukturę krystalograficzną materiału rodzimego, wolną od zniekształceń i mikropęknięć powstających podczas wstępnej obróbki wytaczaniem. Przyjmuje się, że minimalny naddatek, który powinien zostać usunięty technologią honowania wynosi 0,12 mm (średnicy). Z punktu widzenia jakości powierzchni cylindra honowanie z minimalnym naddatkiem wynoszącym 0,01÷0,03 mm nie powinno mieć miejsca. Zabieg taki tylko „zabiela” powierzchnię po wytaczaniu, nie usuwając zniekształconego materiału. Żywotność „zabielonego” cylindra jest dużo krótsza niż cylindra głęboko honowanego.

## Drugie życie silnika

**Proces regeneracji silników jest bardzo trudny lub nawet niemożliwy bez stosowania nowoczesnych technologii obróbki. Szczególne znaczenie nabiera technologia honowania otworów.**

**N**owoczesna technologia honowania umożliwia uzyskiwanie małych wartości tolerancji średnicy otworu oraz odchyłek błędów kształtu (kołowość, walcowość). Honowana powierzchnia otworu charakteryzuje się lepszymi własnościami smarnymi i wydłużoną żywotnością w porównaniu z powierzchnią wytaczaną lub szlifowaną. W procesie regeneracji silnika technologia honowania jest stosowana między innymi do obróbki: cylindrów, korbowodów, obsad łożysk wału korbowego, prowadnic zaworowych, łożyskowania wałka rozrządu i wirnika turbiny w korpusie turbosprężarki.

W dziedzinie honowania bardzo pomocną może okazać się amerykańska fir-

ma Sunnen Product Co. Oferuje ona kompletne technologie honowania obejmujące obrabiarki (szlifierki krzyżowe i honownice), systemy zautomatyzowane, głowice i narzędzia do honowania, oselki do honowania: CBN, diamentowe i ceramiczne, narzędzia diamentowe powlekanie, oleje i emulsje do honowania, filtry oraz przyrządy do pomiaru średnicy otworu.

### Cylindry jak nowe

Jednym z najważniejszych zabiegów naprawczych jest regeneracja cylindrów. Występujące w nowoczesnych silnikach małe wartości tolerancji średnicy i odchyłek błędów kształtu otworu oraz wysokie

wymagania co do jakości powierzchni cylindra stawiają przed zakładami zajmującymi się regeneracją silników coraz większe wymagania. Wykonanie cylindrów zbliżonych jakościowo do fabrycznych jest niemożliwe bez zastosowania nowoczesnej technologii honowania. Nie wystarczy już tylko zagładzić wytoczonego wcześniej cylindra, usuwając naddatek o wartości 0,01÷0,02 mm. Warstwa wierzchnia cylindra powinna posiadać strukturę materiału rodzimego, która jest wolna od mikropęknięć i zniekształceń struktury powstających zawsze podczas operacji wytaczania. Także zawarty w żeliwie grafit powinien pozostać w stanie nieuszkodzonym. Honowany cylinder musi posiadać równomierną strukturę krzyżową o określonym kącie przecięcia rys. Struktura ta zapewnia odpowiednie smarowanie podczas pracy silnika w postaci tzw. filmu olejowego oraz jest rezerwuarem oleju zapewniającego odpowiednie smarowanie podczas rozruchu zimnego silnika. Odpowiednia chropowatość powierzchni pozwala także na lepsze dopasowanie się pierścieni tłokowych do cylindra, co jest szczególnie istotne w silnikach Diesla. Zabieg szczotkowania cylindra

wykonany po honowaniu polepsza jakość powierzchni, wyoblając ostre krawędzie i wymiatając mikrowióry oraz luźne cząstki pozostające w dolinach siatki.

Firma Sunnen oferuje pionową honownicę SV-10 umożliwiającą szybką obróbkę cylindrów, bez konieczności wytaczania przy regeneracji na następny „nadwymiar”, zapewniając wymagane przez producentów silników wartości tolerancji średnicy i odchyłek błędów kształtu (kołowość, walcowość), odpowiednią chropowatość powierzchni i strukturę warstwy wierzchniej cylindra oraz powtarzalność tych parametrów w każdym obrabianym cylindrze. Ponieważ honownica SV-10 wykrywa błędy kształtu cylindra i automatycznie je usuwa, wykonanie dokładnego cylindra jest szybkie i łatwe nawet dla niedoświadczonego operatora. Proces honowania jest szybki i umożliwia usunięcie nadmiaru wielkości 0,25 mm w czasie około 1,5 minuty. Honownica SV-10 może być wyposażona w głowice typu DH przeznaczone do honowania „kruchymi” ośkami diamentowymi lub w głowice z ośkami ceramicznymi typu CK i MPS. Głowice z ośkami diamentowymi polecane są dla honowania seryjnego natomiast głowice z ośkami ceramicznymi dla zleceń jednostkowych. Zastosowane przez Sunnen „kruche” ośki diamentowe zapewniają czyste skrawanie żeliwa, nie powodując

zniekształceń warstwy wierzchniej. Do honowania cylindrów nieprzelotowych z otworami poprzecznymi występującymi w silnikach łodzi, skuterów śnieżnych i wodnych świetnie nadają się głowice typu MPS.

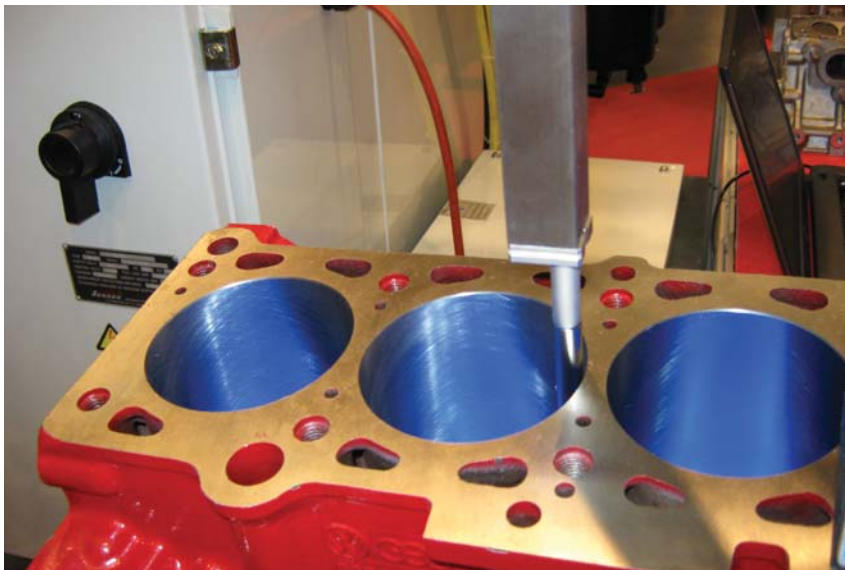
### Głowica to nie tylko planowanie

Kolejnym elementem napraw głównych silników jest regeneracja głowic. Producenci zaworów stwierdzili, że 75% uszkodzeń zaworów jest skutkiem występowania w nich naprężeń cieplnych i mechanicznych. Współosiowość gniazda zaworowego i zaworu ma największy wpływ na powstawanie tych naprężeń. Dopuszczalna odchyłka współosiowości jest sumą błędów gniazda i zaworu. Producenci określają te wartości. Przykładowa maksymalna sumaryczna odchyłka współosiowości gniazda i zaworu w firmie Ford Motor Co. w najwyższej klasie jakości wynosi 0,025 mm. Zawór i gniazdo pracują w ekstremalnie wysokich temperaturach. Przeciętna temperatura pracy zaworu wydechowego wynosi 650÷730°C. Około 75% ciepła jest odprowadzana z zaworu przez gniazdo zaworowe. Pozostała część ciepła przepływa przez jego prowadnicę.

Wszelkie błędy współosiowości gniazda i zaworu oraz błędy kołowości skutkują mniejszą powierzchnią styku gniazda



Honownica SV10 jest nowoczesną, uniwersalną obrabiarką dedykowaną do regeneracji cylindrów żeliwnych w blokach silników oraz cylindrów pojedynczych, a także cylindrów aluminiowych (typu Alusil) i pokrytych warstwą trudnościeralną (typu Nikasil). Operacja honowania usuwa wszystkie błędy kształtu cylindra, zapewnia jego średnicę w wymaganej tolerancji oraz odpowiednią strukturę warstwy wierzchniej. Standardowy zakres średnic mieści się w granicach 19÷203 mm, a rozszerzony 19÷350 mm. Maksymalna długość cylindra może tutaj wynieść 350 mm, a długość bloku 1067 mm. Urządzenie charakteryzuje ponadto: duża wydajność procesu honowania (do 0,25 mm/min), bezstopniowa regulacja prędkości obrotowej wrzeczona i prędkości skoku, uniwersalny uchwyt do mocowania bloków rzędowych i widlastych oraz łatwa obsługa i programowanie za pomocą dotykowego ekranu.



Wartość kąta skrzyżowania rys powinna wynosić 20÷40°, mierząc od poziomej linii odniesienia. Kąt skrzyżowania rys spoza podanego przedziału nie zapewnia odpowiedniego smarowania tulei cylindrowej i pierścieni tłokowych, co może skutkować ich przedwczesnym zużyciem. Rysy powstające na powierzchni honowanego cylindra powinny być wykonane symetrycznie w obu kierunkach. W przypadku niespełnienia tego warunku i występowania w cylindrze wzoru jednokierunkowego, podczas pracy silnika występuje zjawisko obracania pierścieni tłokowych skutkujące nadmiernym zużyciem powierzchni czołowych pierścieni oraz rowków tłoka. Dodatkowo pogarszają się warunki smarowania. Żywotność pierścieni tłokowych jest w tym przypadku krótsza.

z zaworem i gorszym odprowadzaniem ciepła. Zjawisko to może spowodować przegrzanie zaworu i jego zniszczenie. Przykładowo wytrzymałość zaworu przy wzroście jego temperatury z 650 do 760°C zmniejsza się czterokrotnie. Aby uniknąć ryzyka wystąpienia awarii głowicy, należy zapewnić minimalne odchyłki kołowości gniazda i zaworu oraz minimalną odchyłkę współosiowości gniazda z prowadnicą. System obróbki gniazda zaworowego Sunnen obejmuje wytaczarkę VGS-20 wyposażoną w lekki wrzeciennik na poduszce pneumatycznej ze skrętnym wrzecionem, poziomnicę i skrętny uchwyt głowicy oraz system narzędziowy bazujący na stałym pilocie o kształcie stożkowo-walcowym i precyzyjnych głowicach wytaczarskich z płytkami kształtowymi swobodnie się obracającymi. System ten gwarantuje naj-



mniejszy możliwy błąd współosiowości gniazda zaworowego i prowadnicy zaworu oraz odchyłki kołowości gniazda. Do kompletu potrzebna jest jeszcze szlifierka do zaworów. Najlepiej wyposażona w system bazowania zaworu zapewniająca minimalną odchyłkę współosiowości przyłgni zaworu z jego trzonkiem. Sunnen RV 516 to precyzyjna szlifierka zaworów z unikalnym systemem mocowania stosowanym w przemysłowych szlifierkach bezkłowych i gwarantującym wysokie dokładności obróbki. Szlifierka RV 516 zapewnia błąd niewspółosiowości przyłgni w stosunku do trzonka poniżej 0,01 mm. Zakres średnic trzonków zaworów, które mogą być szlifowane wynosi 4÷16 mm natomiast długości zaworów mieszczą się w zakresie od 50 do 230 mm. Maksymalna średnica zaworu to 114 mm.

### Korbowody pod coraz większymi obciążeniami

Korbowód jest jedną z najbardziej obciążonych części silnika. Za jego pośrednictwem przenoszone są znaczne siły pochodzące od pracujących tłoków i przekazywane dalej na wał korbowy. Wymagania stawiane przez producentów silników co do dokładności otworu w stopie korbowodu oraz w jego główce są bardzo wysokie. Wraz z wprowadzeniem na rynek nowych, bardziej wysiłonych silników wymagania te rosną. Dla zapewnienia poprawnej pracy korbowodu istotne jest zachowanie odpowiedniego pasowania pa-



Sunnen jest producentem dużego asortymentu oselek i główek do honowania. Zestaw materiałów ściernych używanych do produkcji oselek obejmuje tlenek aluminium, węgiel krzemowy, diament oraz CBN (borazon). Produkowane są oselki w szerokim asortymencie twardości, koncentracji, rodzaju spoiwa i formy kształtu ziaren ściernych. W ofercie znajdują się oselki do narzędzi własnych, ale także do narzędzi stosowanych przez innych producentów honownic.



Honownica do korbowodów Sunnen LBB-1660 zapewnia obróbkę średnic otworów w stopie 43÷160 mm oraz otworów w główce 10÷50 mm. Dokładność obróbki otworu w stopie poniżej 0,01 mm zapewnia żądaną wartość luzu w łożysku i optymalne warunki smarowania. Ponadto honownica ta charakteryzuje się krótkim czasem obróbki i krótkim czasem przygotowania oraz przeznaczonym na przebrojenia.

newek i czopu wału korbowego. Jeżeli błąd owalu otworu po wyjęciu panewek jest większy niż 0,02 mm, to korbowód należy regenerować. Założenie nowych panewek do takiego korbowodu spowoduje, że po krótkim czasie eksploatacji i ułożenia się ich do owalnego otworu może wystąpić zatarcie łożyska.

Metoda regeneracji Sunnen polega na pomiarze rzeczywistego błędu owalu otworu, demontażu korbowodu, zeszlifowaniu powierzchni styku zarówno trzonu, jak i stopki, ponownym montażu i następnie honowaniu otworu do osiągnięcia wymiaru nominalnego. Honowanie zapewnia wysoką dokładność wymiaru oraz minimalne błędy kształtu otworu. Honowana powierzchnia umożliwia dobre przyleganie panewek i odpowiednie warunki odprowadzania ciepła w łożyska. Także główka korbowodu po jej wymianie i wytoczeniu powinna być honowana. Technologia honowania zapewnia strukturę powierzchni, która nie podlega „ugnieceniu” podczas pracy silnika. Do tych wszystkich prac Sunnen proponuje maszynę o oznaczeniu LBB-1660. Zapewnia ona tolerancje średnicy rzędu 0,01÷0,015 mm oraz błędy kształtu otworu mieszczące się w polu tolerancji.

### Zdeformowane podpory

Jedną z najważniejszych operacji wykonywanych podczas regeneracji bloku silnika jest osiowanie podpór wału korbo-

wego i regeneracja otworów do uzyskania wymiaru nominalnego i „fabrycznych” odchyłek błędów kształtu. Blok silnika podczas jego eksploatacji ulega deformacjom. Deformuje się także oś wału korbowego. Ponieważ jest to proces długotrwały, odkształcenia osi przejmowane są przez panewki. Dodatkowo na skutek działania obciążeń pochodzących od korbowodów pokrywy obsad wału korbowego owalizują się w kierunku prostopadłym do zamków. Zniekształcenie osi i owalizująca pokrywa są szczególnie duże w dużych blokach oraz w, coraz częściej występujących cienkościennych blokach nowoczesnych silników. Zamontowanie przeszlifowanego wału korbowego i nowych panewek do takiego bloku skutkuje tym, że wał obraca się z trudem lub zupełnie nie daje się obrócić. Dopuszczenie go do eksploatacji może spowodować pęknięcie wału korbowego lub jego zatarcie ponieważ nowe panewki szybko dopasują się do owalnych podpór i nie będzie zapewnione odpowiednie smarowanie łożysk. Firma Sunnen oferuje kompletną technologię przeznaczoną do regeneracji otworów w podporach wału korbowego i ich osiowania. Metoda polega na pomiarze owalu w poszczególnych podporach, szlifowaniu pokryw stosownie do owalu i honowaniu wszystkich otworów długim narzędziem, które koryguje błąd osiowości i doprowadza średnicę wszystkich podpór do wymiaru nominalnego z odchyłką błędu kształtu rzędu 0,01÷0,015 mm. Powierzchnia, która powstaje po honowaniu zapewnia dobre przyleganie panewek i odprowadzanie ciepła. Zrobić to wszystko można za pomocą poziomej honownicy CH-100. Honowanie zapewnia tolerancję średnicy rzędu 0,01÷0,015 mm oraz błędy kształtu otworu mieszczące się w polu tolerancji. Honowana powierzchnia zapewnia dobre przyleganie panewek polepszające warunki odprowadzania ciepła z łożyska.

Właściciel zużytego silnika mógłby go zełomować lub oddać za grosze, a za nowy zapłacić majątek. Być może kupiłby nawet cały nowy pojazd. Tylko po co? Alternatywą jest reaktywacja starych silników i ponowne eksploataowanie ich przez lata. Podstawowe zalety napraw głównych silników to przywrócenie im pierwotnych osiągnięć i wydajności. Jest to też przedsięwzięcie bardzo opłacalne. Im większy silnik tym większy współczynnik opłacalności. Całkowity remont może kosztować 40÷60% wartości nowego silnika. Dlatego w tym specjalistycznym fachu warsztaty nie narzekają na brak pracy. **I**

**Michał Mariański**

Fot. M. Mariański, Sunnen