

Partner technologiczny w dziedzinie ekonomicznej obróbki skrawaniem

# SILNIK SPALINOWY

# Rynki i branże

Firma MAPAL rozwinęła głębokie zrozumienie procesów i zastosowań w produkcji obróbki skrawaniem poprzez wieloletnią ścisłą współpracę z klientami. Obszary zastosowania rozwiązań obróbczych MAPAL obejmują różne branże.

Przez długi czas firma MAPAL opracowywała innowacje, aby sprostać wyzwaniom przemysłu motoryzacyjnego i produkcji na dużą skalę. Innowacje te są z powodzeniem wykorzystywane przez znanych producentów i ich dostawców w sektorze silników spalinowych, podwozi i hamulców, a także w sektorze układów napędowych i elektromobilności.

MAPAL jest akredytowanym partnerem dla przemysłu lotniczego i kosmicznego, a dzięki niezawodnym rozwiązaniom wyznacza trendy i standardy w technologii produkcji i obróbki skrawaniem.

Klienci od lat polegają na doświadczeniu firmy MAPAL, również jeśli chodzi o wymagającą obróbkę części hydraulicznych i pneumatycznych o różnych wymiarach. Dodatkowo dostępny jest kompleksowy program produkcyjny w zakresie frezów trzpieniowych do produkcji narzędzi i form.





**Niemcy**  
Siedziba główna grupy przedsiębiorstw

## Blisko klienta – na całym świecie

Ścisły dialog z klientami oraz wczesna identyfikacja wymagań technologicznych i podejście do innowacji stanowią kluczowe filary polityki korporacyjnej MAPAL. W rezultacie firma MAPAL jest bezpośrednio reprezentowana z oddziałami produkcyjnymi i handlowymi w 25 krajach. Umożliwia to krótkie odległości, osobiste kontakty i długoterminowe partnerstwa.

Oprócz głównych zakładów produkcji w Niemczech lokalne obiekty produkcyjne na strategicznie ważnych rynkach na całym świecie gwarantują krótkie terminy dostaw. Odpowiadają one za produkcję wybranych produktów, a także za regenerację, naprawy i powtarzalne zamówienia na rynek lokalny.

Oprócz własnych oddziałów produkty MAPAL są dostępne w 19 innych krajach za pośrednictwem agencji sprzedaży.



# Nr 1

Lider technologii w zakresie obróbki elementów sześciennych.

Spółki zależne z produkcją, sprzedażą i usługami w

# 25

krajach.

Roczne inwestycje w badania i rozwój wynoszą

# 6%

obrotów.

Ponad

# 450

konsultantów technicznych w terenie.

Ponad

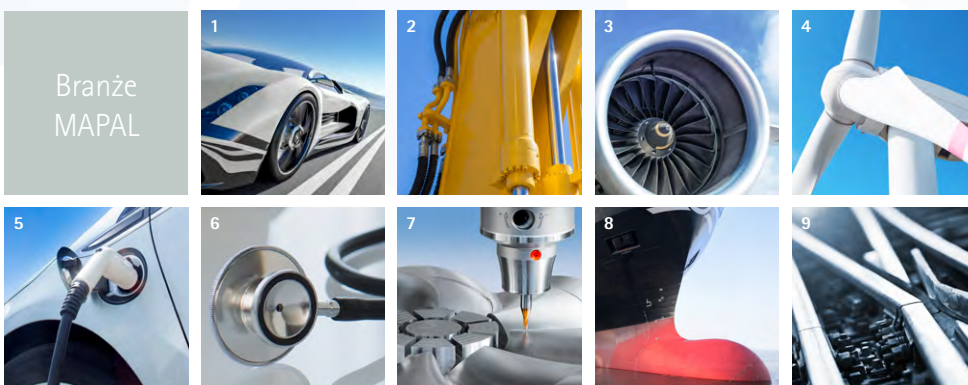
# 300

uczniów zawodu na całym świecie.

**Nasze największe atuty:**

# 4 850

Pracowników na całym świecie.



Branże  
MAPAL

- 1 Motoryzacja
- 2 Fluid power
- 3 Lotnictwo i technologie kosmiczne
- 4 Wytwarzanie energii
- 5 Elektromobilność
- 6 Technologie medyczne
- 7 Produkcja narzędzi i form
- 8 Przemysł stoczniowy
- 9 Komunikacja szynowa



AUTOBUS



SAMOCHÓD DOSTAWCZY

# Rozwiązania dla silnika spalinowego

## Precyzja na miarę złożonych wymagań

Pomimo rosnącego zainteresowania alternatywnymi technologiami napędowymi silnik spalinowy pozostaje ważnym elementem współczesnej mobilności – zwłaszcza w pojazdach hybrydowych oraz na rynkach o ograniczonej infrastrukturze dla elektromobilności. Jego podzespoły są niezwykle złożone, narażone na duże obciążenia termiczne i mechaniczne oraz stawiają najwyższe wymagania procesowi produkcji.

Obróbka skrawaniem elementów takich jak głowica cylindrów, wał korbowy czy korbowód wymaga nie tylko precyzji rzędu mikrometrów, ale także dogłębnego zrozumienia materiałów, strategii obróbki i stabilności procesu. Zmienna jakość odlewów, mieszane materiały i wąskie tolerancje sprawiają, że obróbka jest wymagająca – a jednocześnie decyduje o wydajności, osiągnięciach i emisjach silnika.

MAPAL odpowiada na wyzwania związane z obróbką silników, oferując dostosowane do potrzeb rozwiązania narzędziowe, które gwarantują najwyższą ekonomiczność i stabilność procesu. Jako doświadczony producent narzędzi precyzyjnych i rozwiązań obróbkowych, MAPAL dysponuje dogłębną wiedzą specjalistyczną w zakresie obróbki skrawaniem złożonych elementów silników.

Dzięki intensywnym badaniom rynku, ścisłej współpracy z uniwersytetami, instytutami i wiodącymi partnerami przemysłowymi, a także bezpośredniemu dialogowi z klientami, MAPAL wcześniej identyfikuje trendy technologiczne i przekłada je na innowacyjne procesy obróbkowe. W ten sposób powstają rozwiązania, które są dokładnie dostosowane do konkretnych wymagań – i które nieustannie przyczyniają się do rozwoju obróbki skrawaniem silników spalinowych.



MOTOCYKL



SAMOCHÓD OSOBOWY



SAMOCHÓD CIĘŻAROWY

# SPIS TREŚCI

## Wstęp

Kompetencja w zakresie silników spalinowych	6
---	---

## Głowica cylindra

Wymagania i proces obróbki	8
Układ zaworowy	10
Otwór pod wtryskiwacz	12
Otwór łożyska wałka rozrządu	14
Otwór korka wlewu wody	16
Powierzchnie czołowe i uszczelniające	26

## Blok silnika

Wymagania i proces obróbki	18
Otwór cylindra	20
Otwór pompy wodnej	23
Otwór łożyska wału korbowego	24
Powierzchnie czołowe i uszczelniające	26

## Turbosprężarka

Przegląd systemu	28
Obudowa turbosprężarki	30
Wirnik / koło łopatkowe	32

## Korbowód

Wymagania i proces obróbki	34
Główka	36
Stopa	38
Powierzchnia oparcia łba śruby / otwór na śrubę	39

## Wał korbowy

Najlepsze narzędzia	40
---------------------	----

## Wahacz silnikowy / dźwignia zaworowa rolkowa

Najlepsze narzędzia	42
---------------------	----

## Szyna

Najlepsze narzędzia	44
---------------------	----

## Usługi MAPAL

MAPAL jako partner technologiczny	46
Piktogramy	47



Dowiedz się więcej o rozwiązaniach dla  
SILNIKA SPALINOWEGO

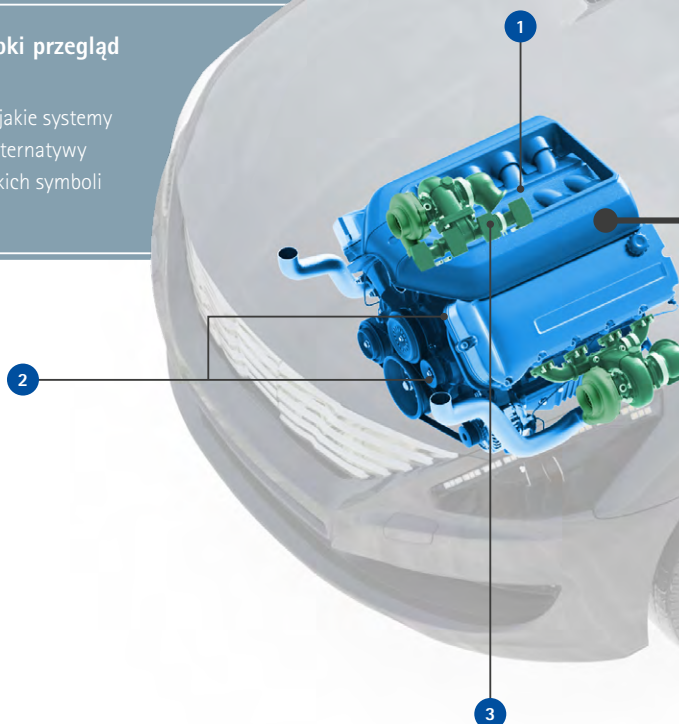
# Kompetencja w zakresie silników spalinowych

Elementy silnika spalinowego – od głowicy cylindrów, przez skrzynię korbową, aż po turbosprężarkę – stawiają najwyższe wymagania w zakresie obróbki skrawaniem. Różnorodne materiały, złożone geometrie i wąskie tolerancje wymagają indywidualnie dostosowanych strategii obróbki.

MAPAL oferuje w tym zakresie szerokie spektrum rozwiązań narzędziowych: od precyzyjnych narzędzi frezarskich i wiertniczych, poprzez modułowe systemy rozwiercające, aż po specjalistyczne rozwiązania mechatroniczne. W ten sposób powstają stabilne procesy dla każdego zadania obróbczego – ekonomiczne i niezawodne.

Piktogramy pozwalają na szybki przegląd technologii, opcji i funkcji.

Dla każdego rozwiązania pokazują, jakie systemy narzędziowe są stosowane i jakie alternatywy są dostępne. Pełny przegląd wszystkich symboli znajduje się na stronie 47.



## ROZWIĄZANIA DLA SILNIKA SPALINOWEGO

### 1 Głowica cylindra N

- Precyzyjne rozwiązania do wygładzania i precyzyjnego wiercenia dla tolerancji w zakresie mikrometrów w układzie zaworowym.
- Obróbka stabilna procesowo dla złożonych otworów funkcjonalnych pomimo wahań odlewu.

» Więcej od strony 8

### 2 Blok silnika N

- Rozwiązania do wiercenia głębokiego i precyzyjnego dla współosiowych otworów cylindrów i łożysk.
- Bezpieczna obróbka przy minimalnym nadadtku, zmiennym odlewie i materiałach mieszanych.

» Więcej od strony 18

### Powierzchnie czołowe i uszczelniające N

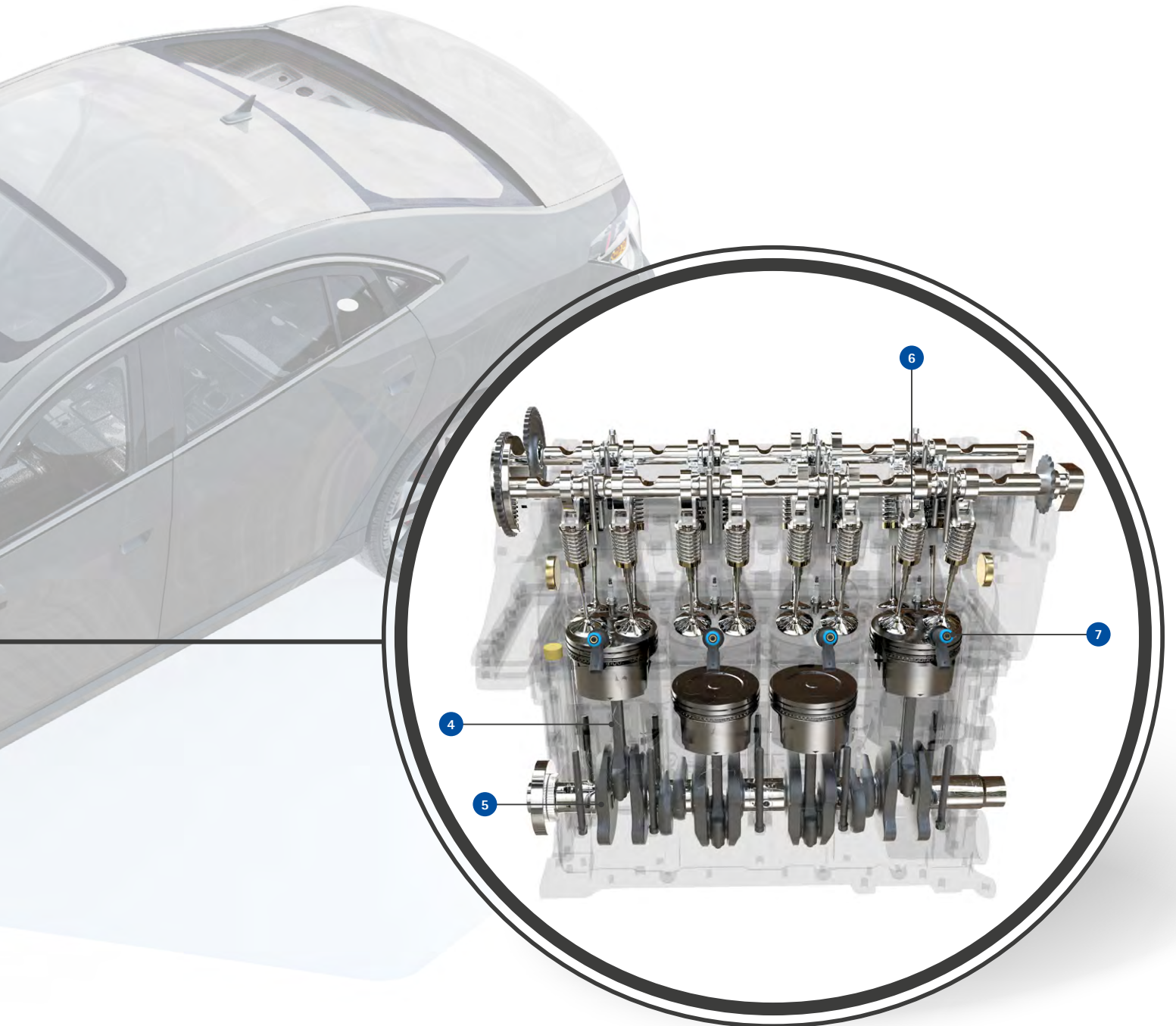
- Obróbka powierzchni czołowych o wysokiej jakości powierzchni, płaskości i bez zadziorów – również na sucho.
- Opcjonalne, definiowane profile powierzchni dla powierzchni funkcjonalnych wrażliwych na szczelność.

» Więcej od strony 26

### 3 Turbo-sprężarka M K N S

- Obróbka zachowująca kontury złożonych geometrii wewnętrznych w materiałach ściernych i odpornych na wysoką temperaturę.
- Rozwiązania zapewniające stabilność procesu dla obszarów o cienkich ściankach i cięć przerywanych.

» Więcej od strony 28



4

### Korbowód

P

- Kombinowane koncepcje obróbki zapewniające okrągłość w zakresie mikrometrów w główce i stopie korbowodu.
- Rozwiązania dla zmiennych geometrii elementów, sytuacji nawiercania i zdefiniowanych konturów.

» Więcej od strony 34

5

### Wał korbowy

P

- Niezawodny proces wiercenia głębokich otworów na dużych głębokościach obróbki ze stabilnym odprowadzaniem wiórów.
- Kompletna obróbka powierzchni funkcjonalnych z zachowaniem wymiarów przy zmiennych warunkach cięcia.

» Więcej od strony 40

6

### Wahacz silnikowy / dźwignia zaworowa

P

- Precyzyjna obróbka wykończeniowa małych gniazd łożyskowych o wąskich tolerancjach i okrągłości rzędu  $\mu\text{m}$ .
- Konfiguracje zapewniające stabilność procesu przy zmiennej jakości odlewów i krótkich czasach cyklu.

» Więcej od strony 42

7

### Szyna

P

- Strategie wiercenia głębokiego i rozwiercania dla twardej powłoki odlewniczej i dużych głębokości wiercenia.
- Obróbka powierzchni wewnętrznych z zachowaniem wymiarów dla wrażliwych na szczelność kanałów wysokociśnieniowych o wąskich tolerancjach.

» Więcej od strony 44

# Głowica cylindra

W sektorze samochodów osobowych głowica cylindrów jest odlewana ze stopów aluminium. W zależności od paliwa silnika różnią się konstrukcja i cechy wymagające obróbki. Głowica cylindrów jest umieszczana na bloku silnika i odpowiada za doprowadzanie paliwa i świeżego powietrza.

Ze względu na wysokie wymagania dotyczące jakości i tolerancji jest to najbardziej wymagający element w produkcji silników pod względem obróbki skrawaniem. Dzięki precyzyjnemu sterowaniu zaworami i minimalnym stratom na tarcie w łożyskach wałka rozrządu zużycie paliwa i emisja spalin są zmniejszane jeszcze przed procesem spalania.

## Wymagane tolerancje wymiarowe na przykładzie układu zaworowego



0,010 mm



&lt;0,050 mm



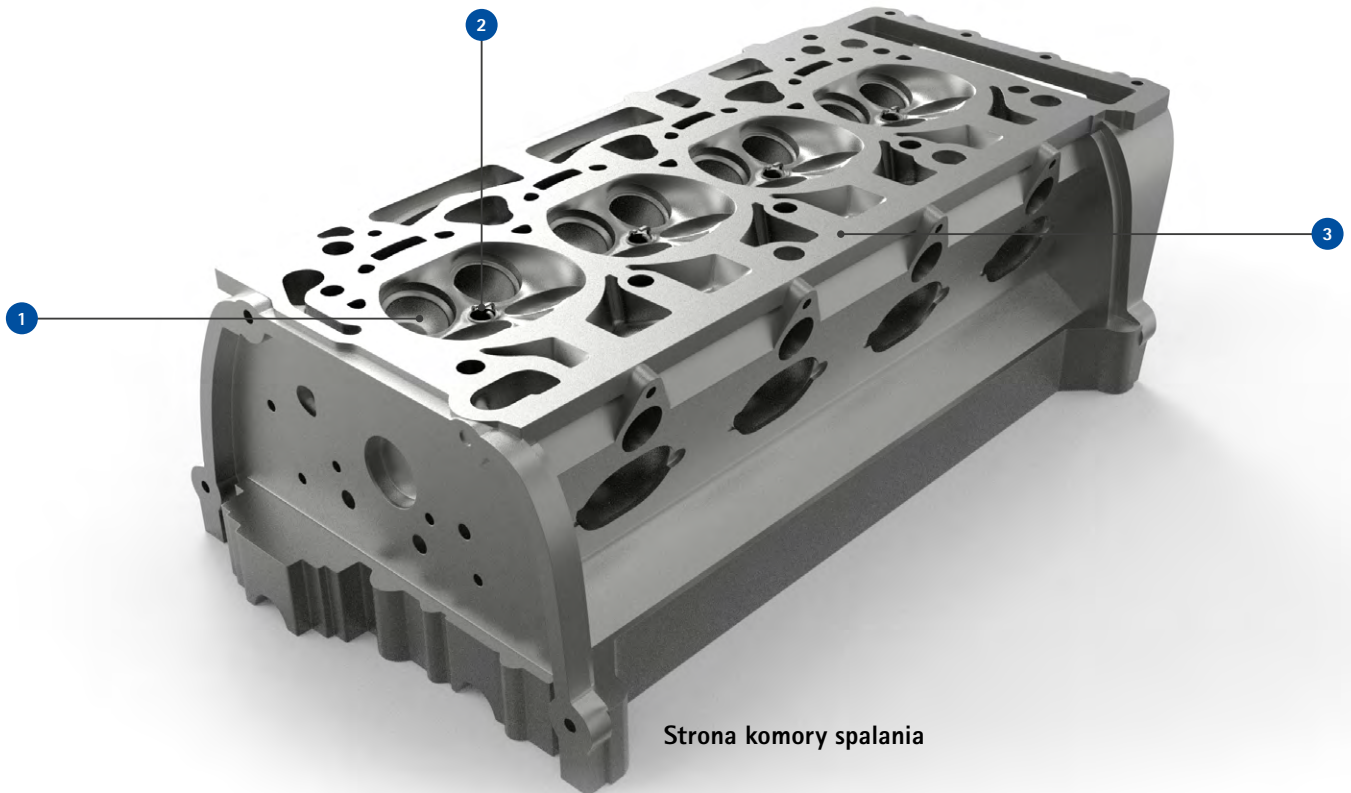
0,015 mm



0,008 mm



0,010 mm



Strona komory spalania

1

### Układ zaworowy

Otwór podstawowy układu zaworowego wymaga precyzyjnego wiercenia o wysokiej cylindryczności i wąskich tolerancjach średnicy. Wahania materiałowe wynikające z procesu odlewania stanowią wyzwanie.

[» Więcej od strony 10](#)

2

### Otwór pod wtryskiwacz

Otwór pod wtryskiwacz charakteryzuje się dużymi skokami stopniowymi i jest trudny pod względem ewakuacji wiórów. Różne warunki odlewania utrudniają obróbkę.

[» Więcej od strony 12](#)

3

### Powierzchnie czołowe i uszczelniające

Podczas frezowania czołowego ważne są płaskość, prostoliniowość i obróbka bez zadziorów. Obróbka często odbywa się na sucho.

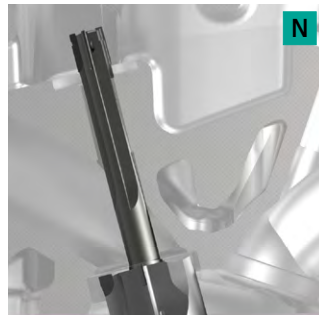
[» Więcej od strony 26](#)

## Układ zaworowy w centrum uwagi – podstawowe postępowanie



### 1. Obróbka wstępna – otwór podstawowy

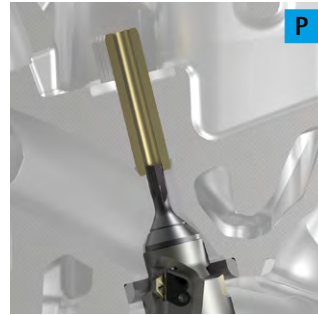
Duże posuwy i duże ilości wiórów wymagają stabilnych pogłębiaczy z PKD, zapewniających wydajną ewakuację wiórów. Obróbka ta stanowi podstawę dla wszystkich kolejnych etapów procesu w układzie zaworowym.



### 2. Obróbka wykończeniowa – otwór podstawowy

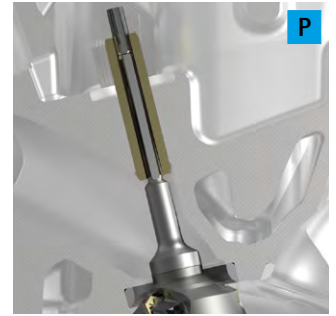
Pogłębiacze z wieloma ostrzami zapewniają dokładność wymiarową i jakość powierzchni. Precyzja na tym etapie obróbki ma decydujące znaczenie dla późniejszego wciskania pierścieni gniazda zaworu i prowadnic zaworu.

## WCISKANIE PIERŚCIENIA GNIAZDA ZAWORU I PROWADNICY ZAWORU



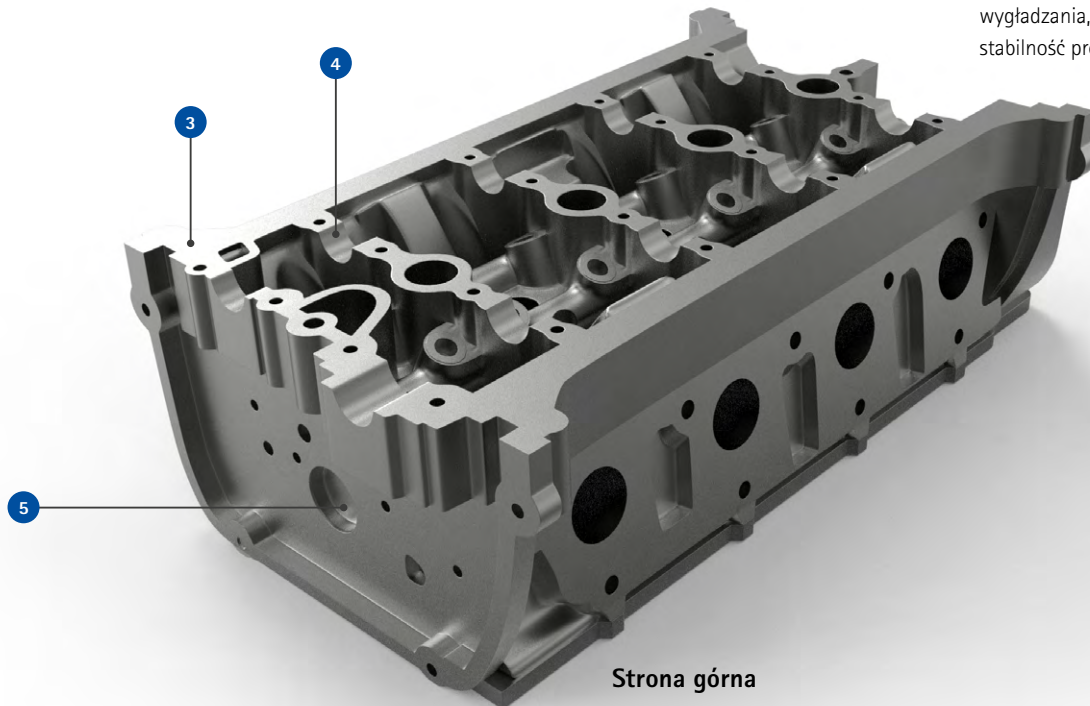
### 3. Obróbka wstępna – gniazdo zaworu i prowadnica zaworu

Po wciśnięciu pierścienia gniazda zaworu i prowadnicy zaworu następuje obróbka twardych materiałów. Wymaga to ekstremalnie wąskich tolerancji i odpornych na zużycie materiałów skrawających.



### 4. Obróbka wykończeniowa – Gniazdo zaworu i prowadnica zaworu

W celu uzyskania precyzyjnych powierzchni uszczelniających stosuje się narzędzia do precyzyjnego wiercenia lub wygładzania, które zapewniają wysoką stabilność procesu i wydajność.



Strona górna

4

### Otwór łożyska wałka rozrządu

Otwór łożyska wałka rozrządu wymaga wysokiej cylindryczności i okrągłości. Charakterystyczne są tutaj długie narzędzia i wielokrotne nacinanie mostków łożyskowych poprzez cięcie przerywane.

>> Więcej od strony 14

5

### Otwór korka wlewu wody

Otwór korka wlewu wody musi mieć powierzchnię wolną od zadrapań i rys. Po obróbce otwór musi być wolny od wiórów.

>> Więcej od strony 16

# Głowica cylindra – Układ zaworowy

## WARUNKI W PROCESIE

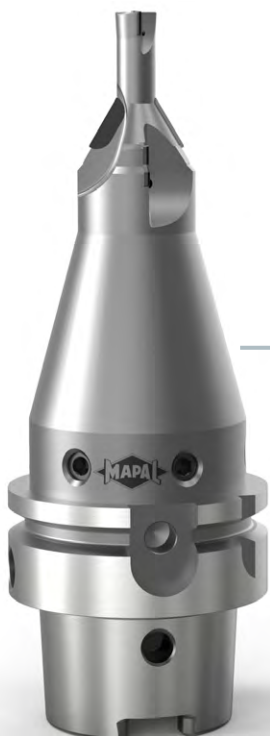
- Wysokie wymagania dotyczące tolerancji kształtu i położenia
- Cylindryczność 10  $\mu\text{m}$
- Tolerancja średnicy 15  $\mu\text{m}$
- Współosiowość gniazda zaworu względem prowadnicy zaworu
- Okrągłość < 8  $\mu\text{m}$
- Tolerancje kątowe pierścienia gniazda zaworu w zakresie  $\mu\text{m}$
- Materiały o wysokiej odporności na ścieranie w pierścieniu gniazda zaworu
- Najwyższa stabilność procesu i powtarzalność



## N OTWÓR PODSTAWOWY

1. Obróbka wstępna

2. Obróbka wykończeniowa



### + OPCJA

Skrócone czasy procesu  
dzięki większej liczbie ostrzy



### + OPCJA

Zwiększona stabilność procesu  
dzięki wyrównaniu narzędzia za  
pomocą adaptera modułowego

## Pogłębiacz PCD

Krótką, stabilną konstrukcją narzędzia zapewniającą najwyższą dokładność pozycjonowania.



## Pogłębiacz PCD

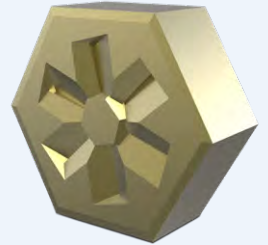
Koncepcja narzędzia z wieloma ostrzami zapewniająca krótki czas obróbki.





## MAPAL Doświadczenie w zakresie rozwiązań HNHX – NARZĘDZIE O 12 KRAWĘDZIACH SKRAWAJĄ- CYCH ZAPEWNIĄJĄCE WYSOKĄ OPŁACALNOŚĆ

- W zależności od wymaganej tolerancji elementu z gniazdem stałym lub regulowanym
- Przy maksymalnym wykorzystaniu krawędzi skrawającej możliwe jest zastosowanie do 24 wkładek
- Różne materiały skrawające z PcBN do wszystkich popularnych materiałów gniazd zaworów



### P GNIAZDO ZAWORU / PROWADNICA ZAWORU



#### 3. Obróbka wstępna

#### 4. Obróbka wykończeniowa



#### Narzędzie pilotujące

Krótkie, stabilne narzędzie zapewnia najwyższą dokładność pozycjonowania dla następującego po nim narzędzia wykończeniowego.



#### Narzędzie wykończeniowe

Wysoce precyzyjna obróbka wykończeniowa za pomocą regulowanego narzędzia do rozwiercania precyzyjnego z systemem EA i szybko wymiennym rozwiertakiem do prowadnic zaworów.



#### + OPCJA

Najwyższe wymagania tolerancyjne są osiągnięte dzięki regulowanemu narzędziu do rozwiercania precyzyjnego



#### + OPCJA

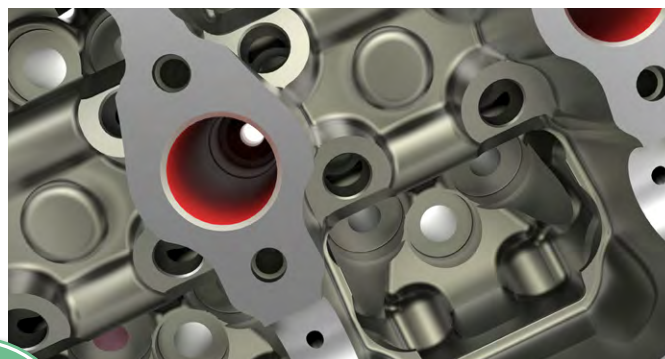
„Plug-and-play” dzięki stałemu gniazdu płytki



# Głowica cylindra – Otwór pod wtryskiwacz

## WARUNKI W PROCESIE

- Bardzo duże skoki stopni >10 mm
- Krytyczna ewakuacja wiórów ze względu na kontur elementu
- Zmienna sytuacja odlewów
- Wymagania dotyczące powierzchni do Rz 4
- Tolerancje średnicy w zakresie H7
- Najróżniejsze wersje konturów z wieloma promieniami i fazami o wąskich tolerancjach ( $\pm 0,1$  mm)



3-etapowy proces  
zapewniający  
najwyższą stabilność  
procesu

## N OTWÓR POD WTRYSKIWACZ

### 1. Obróbka wstępna



### Wiertło stopniowe z PKD

Wielostopniowe narzędzie do wiercenia i pogłębiacz z lutowanymi ostrzami z PKD i specjalnymi przestrzeniami wiórowymi zapewniającymi optymalną ewakuację wiórów.



### 2. Obróbka półwykończeniowa



### Wiertło stopniowane z węgla spiekanego

Specjalna geometria ostrza i spirala zapewniająca najlepsze tamanie i ewakuację wiórów.



### 3. Obróbka wykończeniowa



### Rozwiertak stopniowy z PKD

Rozwiertak stopniowy z wieloma ostrzami, z lutowanymi ostrzami z PKD, specjalną geometrią ostrzy i poszerzonymi przestrzeniami wiórowymi dla najlepszej ewakuacji wiórów.





## MAPAL Doświadczenie w zakresie rozwiązań WIERTŁO WKŁADANE DO PRODUKCJI OSZCZĘ- DZAJĄCEJ ZASOBY

Wiertło wkładane umożliwia łatwą wymianę zużytego stopnia wiercenia w pełnym materiale – niezależnie od stopnia powiercania. Dzięki możliwości wielokrotnego ostrzenia trwałość narzędzia jest optymalnie wykorzystana. Ukierunkowana wymiana stopnia obróbczego podanego na zużycie oszczędza materiał i przyczynia się do zrównoważonego rozwoju.



### 1. Obróbka wstępna



### 2. Obróbka wykończeniowa



#### Pogłębiacz PCD z wymiennym wiertłem z węgla spiekanego

Maksymalna trwałość ostrzy PKD dzięki oddzielnie wymienianemu stopniowi wiercenia w pełnym materiale.



#### Rozwiertak stopniowy z PKD

Rozwiertak stopniowy z wieloma ostrzami, z lutowanymi ostrzami z PKD i poszerzonymi, polerowanymi przestrzeniami wiórowymi dla najlepszej ewakuacji wiórowych.



# Głowica cylindra – Otwór łożyska wałka rozrządu

## WARUNKI W PROCESIE

- Cylindryczność ( $15 \mu\text{m}$  na  $100 \text{ mm}$ )
- Okrągłość  $< 5 \mu\text{m}$
- Tolerancje średnicy od  $15$  do  $20 \mu\text{m}$
- Jakość powierzchni  $< \text{Rz } 5 \mu\text{m}$
- Wielokrotne nacięcia dzięki cięciu przerywanemu
- Narzędzia o bardzo wysokim stosunku długości do średnicy



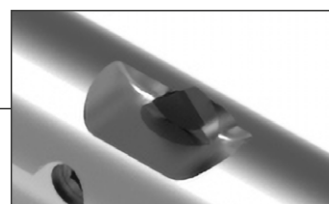
## N OTWÓR ŁOŻYSKA WAŁKA ROZRZĄDU

### 1. Obróbka wstępna i wykończeniowa

Najwyższa produktywność dzięki rozwiązaniu typu One-shot

### Wytaczadło rzędowe

Obróbka typu One-shot z bardzo dobrą prostoliniowością otworu dzięki dodatkowemu łożyskowaniu za pomocą łożysk tocznych lub ślizgowych.



Zastosowanie wymiennych narzędzi do rowkowania o niewielkich rozmiarach.



Bardzo dobra prostoliniowość otworu pomimo dużej długości dzięki wielokrotnemu łożyskowaniu i idealnie wyrównanemu wytaczadłu rzędowemu.

Najwyższa stabilność procesu dzięki procesowi dwuetapowemu

**+ OPCJA**

Skrócony czas procesu i „plug-and-play” dzięki wymiennej głowicy HPR z wieloma ostrzami



**N** OTWÓR ŁOŻYSKA WAŁKA ROZRZĄDU

1. Obróbka wstępna



**+ OPCJA**

Najwyższe posuwy dzięki konstrukcji narzędzia z wieloma ostrzami



2. Obróbka wykończeniowa



**Narzędzie do rozwiercania precyzyjnego**

Narzędzie do rozwiercania precyzyjnego z prowadzeniem listwowym z łatwo regulowanymi płytkami skrawającymi HX.



**Narzędzie do rozwiercania precyzyjnego**

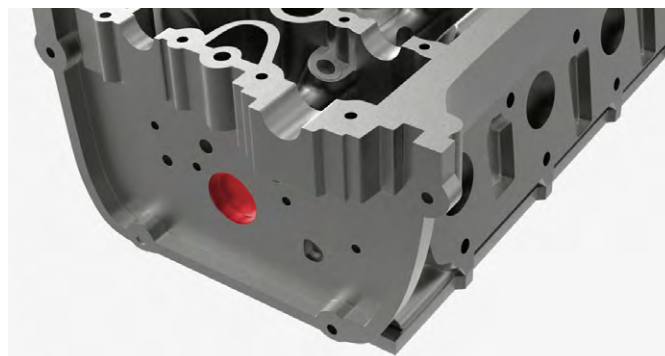
Narzędzie do rozwiercania precyzyjnego z prowadzeniem listwowym z płytkami skrawającymi – z łatwą regulacją ostrza i dodatkowym stopniem wstępnego cięcia dla najwyższych wymagań jakościowych.



# Głowica cylindra – Otwór korka wlewu wody

## WARUNKI W PROCESIE

- Jakość powierzchni Ra < 16 μm
- Okrągłość 0,05 mm
- Tolerancja średnicy H7
- Dokładność



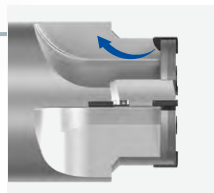
## N OTWÓR KORCA WLEWU WODY

### 1. Obróbka półwykończeniowa



## Stopniowy pogłębiacz PCD

Krótką, kompaktową konstrukcją narzędzia zapewniającą najwyższą stabilność.



### + OPCJA

Bezpieczna i kontrolowana ewakuacja wiórów dzięki łamaczowi wiórów ze zintegrowanym płukaniem wstecznym





**MAPAL Doświadczenie w zakresie rozwiązań**

### **STABILNA PROCESOWO EWAKUACJA WIÓRÓW DZIĘKI INNOWACYJNEMU PŁUKANIU WSTECZNEMU**

- Kontrolowana ewakuacja wiórów zapobiega przedostawaniu się wiórów do elementu i zmniejsza nakłady związane z czyszczeniem
- Wysoka stabilność procesu dzięki czystej obróbce i niewielkiemu zużyciu narzędzia
- Bardzo dobra jakość elementów dzięki czystej powierzchni, a co za tym idzie mniejszej ilości odpadów

# Blok silnika

Blok silnika, zwany również korpusem silnika, jest centralnym elementem silnika spalinowego. W zależności od modelu pojazdu i wielkości silnika istnieją różne typy konstrukcyjne i rozmiary, od 2-cylindrowego silnika rzędowego po 12-cylindrowy silnik w układzie V. Ze względu na korzyści związane z masą w branży motoryzacyjnej stosuje się głównie stopy aluminium. Wymaga to zastosowania tulei odlewanych lub powłok odpornych na ścieranie w

otworach cylindrów, aby zapewnić wysoką trwałość eksploatacyjną. Podczas obróbki skrawaniem często dochodzi do obróbki mieszanej aluminium i odlewów, a także stosowania powłok o bardzo wysokiej ścieralności. Wzrost ciśnienia spalania w nowoczesnych silnikach powoduje wzrost obciążeń mechanicznych i termicznych, co prowadzi do wyższych wymagań jakościowych dotyczących obrabianych elementów.

## Wymagane tolerancje wymiarowe na przykładzie otworu cylindra



0,014 mm



0,020 mm



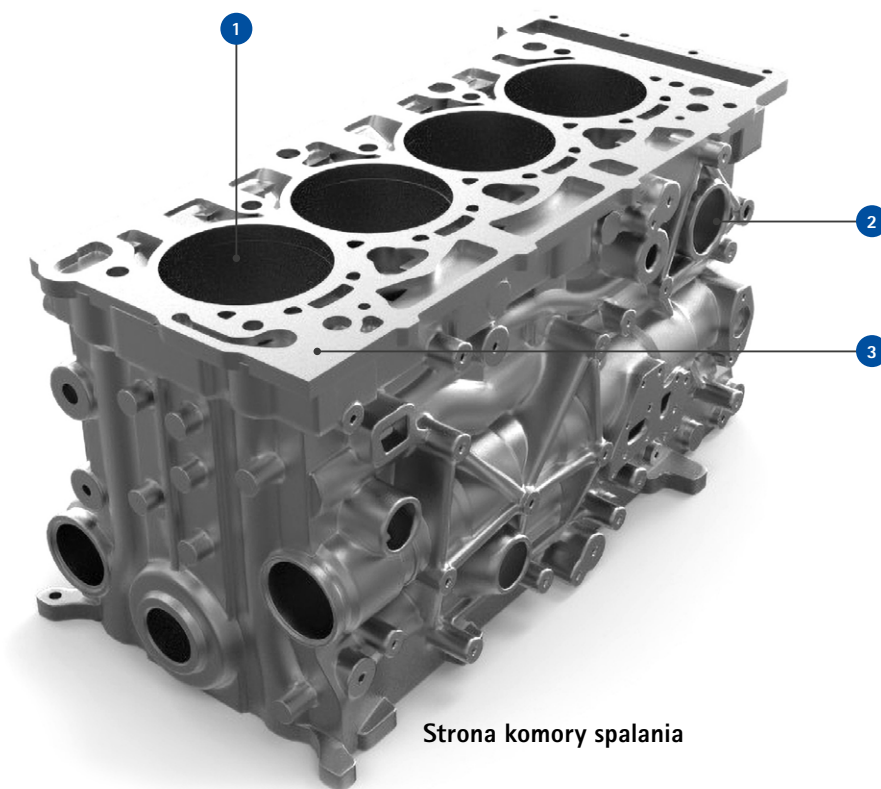
0,175 mm



0,009 mm



0,060 mm



Strona komory spalania

1

### Otwór cylindra

Obróbka otworu cylindra wymaga najwyższej precyzji pomimo zmiennego nadkładu odlewu, obróbki mieszanej, trudnego dostępu i wąskich tolerancji.

» Więcej od strony 20

2

### Otwór pompy wodnej

Otwór na pompę wodną wymaga wysokiej dokładności wymiarowej i szczelności. Obróbka odbywa się zazwyczaj w kilku etapach, aby precyzyjnie uzyskać dopasowanie i powierzchnię uszczelniającą.

» Więcej od strony 23

3

### Powierzchnie czołowe i uszczelniające

Podczas frezowania czołowego obrabiana jest powierzchnia uszczelniająca między głowicą a blokiem cylindra. Decydujące znaczenie mają płaskość, prostoliniowość i powierzchnia bez zadziorów – często w suchych warunkach obróbki.

» Więcej od strony 26

## Otwór cylindra w centrum uwagi – podstawowe postępowanie



### 1. Obróbka wstępna – Otwór cylindra

Obróbka wstępna obejmuje powiercanie otworów cylindra za pomocą stabilnych narzędzi z płytkami skrawającymi. Radzą sobie one z dużym i zmiennym naddatkiem. W zależności od materiału stosuje się płytki skrawające z PKD lub powlekane z węgla spiekanego, aby zapewnić długą trwałość i precyzję.



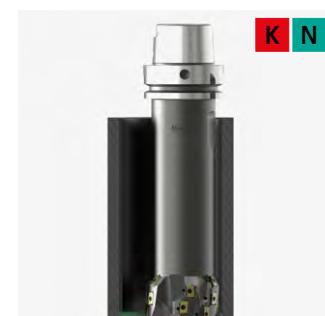
### 2. Obróbka wykończeniowa – Otwór cylindra

Narzędzia do rozwiercania precyzyjnego doprowadzają otwór do dokładnych wymiarów przed kolejnym etapem powlekania lub osadzania tulei. Narzędzia te są zaprojektowane z myślą o dużej stabilności i wysokich posuwach oraz zapewniają wymaganą dokładność wymiarową i jakość powierzchni.



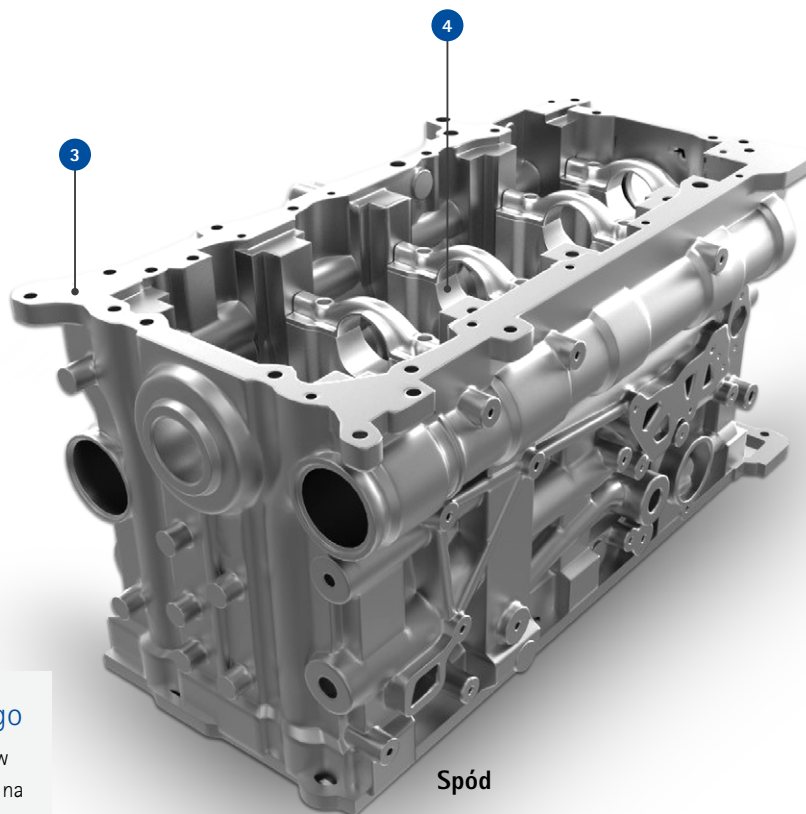
### 3. Obróbka wykończeniowa – Powierzchnia robocza cylindra

Po powlekanu lub osadzeniu tulei następuje końcowa obróbka powierzchni roboczej. Narzędzia do rozwiercania precyzyjnego zapewniają dokładność wymiarową i geometryczną, posiadają kompensację ostrza i umożliwiają bezkontaktowe wycofanie się z otworu.



### 4. Przeszlifowanie

Przeszlifowanie wykonuje się zazwyczaj za pomocą specjalnych narzędzi frezujących lub mechatronicznych. Złożona geometria przejść i częściowo występująca obróbka mieszana wymagają odpowiednio dobranego zestawu narzędzi i materiałów skrawających.



Spód

4

### Otwór łożyska wału korbowego

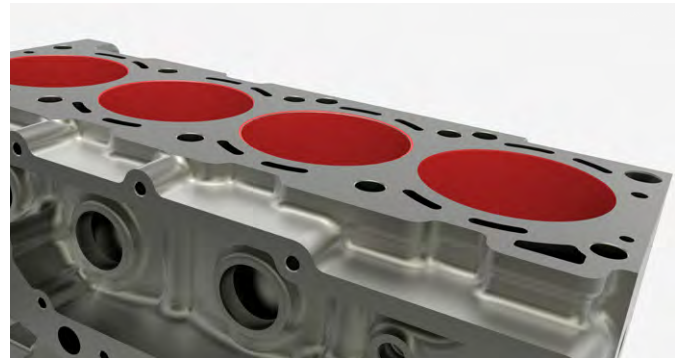
Otwór ten stawia najwyższe wymagania w zakresie współosiowości i cylindryczności na odcinku obejmującym kilka łożysk. Długie narzędzia i precyzyjnie dopasowane strategie obróbki zapewniają niezbędną precyzję.

>> Więcej od strony 24

# Blok silnika – Otwór cylindra

## WARUNKI W PROCESIE

- Zmienne warunki odlewania i naddatki
- Częściowo w elementach stosuje się powłoki odporne na ścieranie (powłoka nanoszona natryskiwaniem łukowym z drutu)
- Częściowo obróbka mieszana z wykorzystaniem różnych materiałów → aluminiowy blok silnika i tuleja cylindrowa z żeliwa szarego
- Trudno dostępna obróbka ze względu na rozmiar elementu
- Tolerancja średnicy przed przeszlifowaniem wynosi do 40 μm



## N OTWÓR PODSTAWOWY

### 1. Obróbka wstępna



### Pogłębiacze

Stabilna i ekonomiczna konstrukcja narzędzia z płytkami skrawającymi i łatwo regulowanymi oprawkami narzędziowymi, również w przypadku zmiennych naddatków elementów.



### 2. Obróbka wykończeniowa



### Narzędzia do rozwiercania precyzyjnego z systemem EA

Kompaktowa konstrukcja narzędzia z wieloma ostrzami zapewniająca najwyższe prędkości posuwu i łatwą regulację.





Alternatywny proces produkcyjny z wykorzystaniem powłok natrikiwanych termicznie.

## K POWIERZCHNIA ROBOCZA CYLINDRA Z TULEJĄ



### 3. Obróbka wykończeniowa

Odpowiednie rozwiązanie dla każdej koncepcji maszyny

Centrum obróbcze

Maszyna specjalna



**FUNKCJA**  
Regulacja ostrza z dokładnością do  $\mu\text{m}$  – ręczna lub zautomatyzowana w centrum obróbczym.

**FUNKCJA**  
Wysoka stabilność procesu dzięki obróbce bez rys przy wycofaniu narzędzia za pomocą podnoszenia ostrza

**OPCJA**  
Podnoszenie ostrza poprzez zwiększenie ciśnienia chłodziwa. Wersja z pięcioma ostrzami



Przeszlifowanie na następnej stronie

### Narzędzie kompensacyjne

Kompensacja ostrza poprzez użębienie czołowe, realizowana automatycznie i bezpośrednio w maszynie. Podnoszenie ostrza poprzez przesunięcie pozycyjne i specjalną konstrukcję narzędzia umożliwia bezkontaktowe cofanie.



### Narzędzia mechatroniczne

W zależności od typu maszyny ostrza są precyzyjnie włączane i wyłączane za pomocą drążka pociągowego, wrzeciona regulacyjnego lub napędu obrotowego. Umożliwia to bezkontaktowe cofanie oraz dokładną regulację ostrza.



## K N POWIERZCHNIA ROBOCZA CYLINDRA

### 4. Przeszlifowanie

Odpowiednie rozwiązanie dla każdej koncepcji maszyny

Centrum obróbce

Maszyna specjalna



#### Frez tarczowy

Konstrukcja narzędzia z wieloma ostrzami, zapewniająca najwyższą elastyczność w doborze płytek skrawających.



#### Narzędzia mechatroniczne

Precyzyjne sterowanie ostrzami za pomocą drążka pociągowego/dociskowego. Możliwe elastyczne dopasowanie konturu.



#### MAPAL Doświadczenie w zakresie rozwiązań

#### ELASTYCZNA KONCEPCJA NARZĘDZIA DLA RÓŻNYCH WARIANTÓW ELEMENTÓW

- Jedno narzędzie – dostosowane do każdego wykonania dzięki wersjom ostrzy
- Rozwiązania zapewniające stabilność procesu do obróbki mieszanej (odlew/aluminium lub aluminium/stal)
- Specjalne ostrza do przejść promieniowych i trudno dostępnych geometrii
- Najwyższa precyzja przy tolerancjach średnicy wynoszących  $\pm 0,2$  mm
- Ekonomiczna obróbka do produkcji seryjnej



# Blok silnika – Otwór pompy wodnej

## WARUNKI W PROCESIE

- Wielostopniowe wiercenie z określonymi przejściami promieniowymi
- Tolerancje średnicy w zakresie H8
- Okrągłości od 10 do 20  $\mu\text{m}$



## N OTWÓR POMPY WODNEJ

### 1. Obróbka półwykończeniowa



#### **FUNKCJA**

Wymienne wiertło z węgliku spiekane

### Stopniowy pogłębiacz PCD

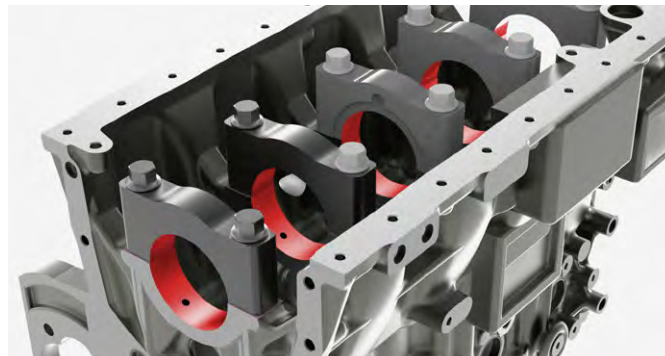
Zoptymalizowana geometria ostrza PKD zapewniająca kontrolowane łamanie wiórów zawierająca wymienne wiertło z węgliku spiekane umożliwiające efektywne wykorzystanie krawędzi skrawających na etapach powiercania.



# Blok silnika – Otwór łożyska wału korbowego

## WARUNKI W PROCESIE

- Wysoka współosiowość poszczególnych mostków łożyskowych względem siebie
- Wielokrotne nacięcia dzięki cięciu przerywanemu
- Obróbka mieszana podczas obróbki wykańczeniowej za pomocą panewek łożyskowych
- Tolerancje średnicy w zakresie 0,2 mm
- Wartości powierzchni w zakresie Rz 3,2  $\mu\text{m}$
- Okrągłość < 3  $\mu\text{m}$



## K N OTWÓR ŁOŻYSKA WAŁU KORBOWEGO

### 1. Obróbka wstępna i wykańczeniowa



Połączenie obróbki mostków łożyskowych i łożysk oporowych za pomocą zintegrowanych zaworów suwakowych. Precyzyjna i łatwa regulacja ostrzy za pomocą precyzyjnie regulowanych opravek narzędziowych.

Najwyższa produktywność dzięki rozwiązaniu typu One-shot

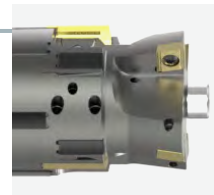
### Precyzyjne wytaczadło rzędowe

Najlepsza współosiowość na elemencie dzięki dodatkowemu łożyskowaniu względem wrzeciona maszyny, nawet przy dużych długościach elementów.



## 2. Obróbka wykończeniowa

Najwyższa stabilność procesu dzięki procesowi dwuetapowemu



➕ OPCJA

Najwyższa jakość powierzchni dzięki precyzyjnie regulowanym płytkom skrawającym na etapie wykańczania



## 1. Obróbka wstępna



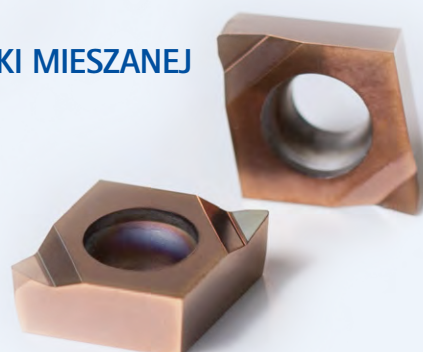
### Narzędzie do rozwiercania precyzyjnego

Etap wstępnego skrawania i dodatkowa obróbka mikroskrawaniem na etapie końcowym dla najwyższych wymagań jakościowych i stabilności procesu.



### MAPAL Doświadczenie w zakresie rozwiązań SERIA MATERIAŁÓW SKRAWAJĄCYCH DO OBRÓBK MIESZANEJ

Kombinacje materiałów, takie jak odlew aluminiowy lub aluminium ze spiekaną stalą, wymagają specjalnych materiałów skrawających. W swoim asortymencie firma MAPAL posiada płytki skrawające z dostosowanymi podłożami, geometriami i powłoką TiAlN, zapewniające w takich sytuacjach obróbczych długą trwałość i wysoką ekonomiczność.



# Powierzchnie czołowe i uszczelniające

Obróbka płaskich powierzchni uszczelniających w silniku spalinowym wymaga najwyższej dokładności wymiarowej, płaskości i jakości powierzchni – często w warunkach pracy na sucho.

MAPAL oferuje do tego celu wydajne narzędzia do frezowania czołowego z maksymalną liczbą zębów, stabilną konstrukcją i optymalną ewakuacją wiórów. Niezależnie od tego, czy chodzi o obróbkę zgrubną, czy wykończeniową: rozwiązania są zaprojektowane z myślą o ekonomiczności, stabilności procesu i jakości elementów.

## N FREZOWANIE CZOŁOWE

### NeoMill-Alu-Rough

Tangencjalne narzędzie do obróbki zgrubnej typu „plug-and-play”, zapewniające stabilną obróbkę przy dużej objętości.



**OBRÓBKA ZGRUBNA**

### FaceMill-Diamond

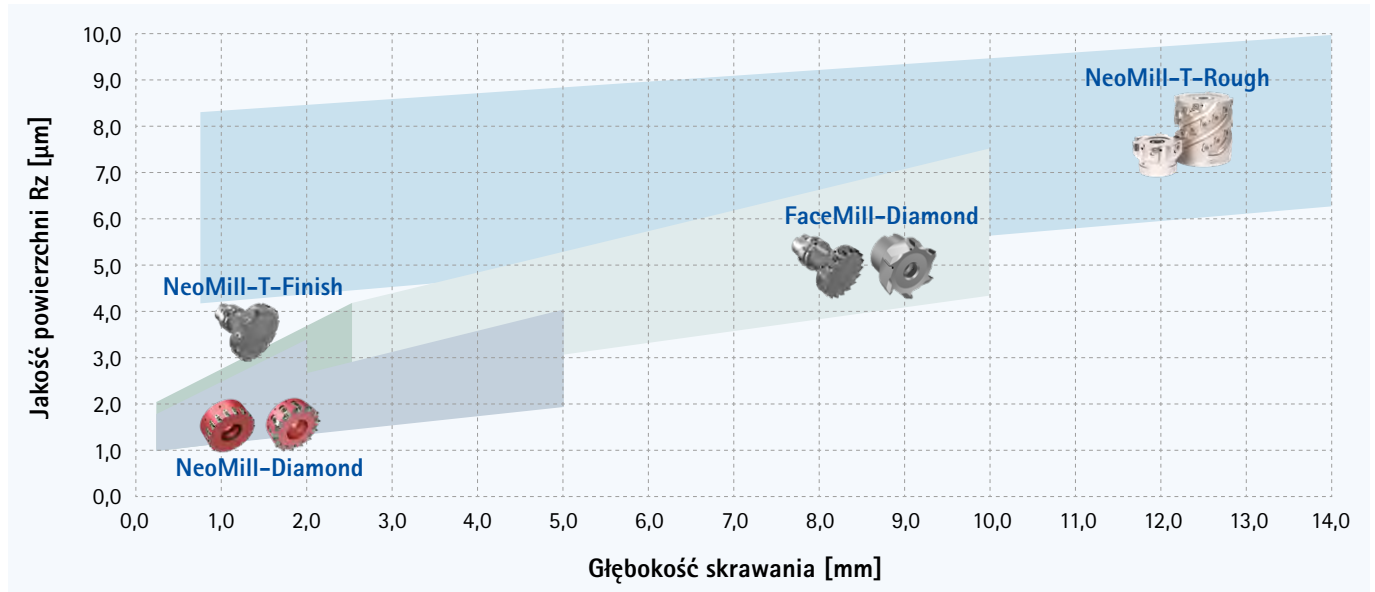
Solidne narzędzie z możliwością ponownego ostrzenia, wyposażone w lutowane ostrza z PKD.



**+ OPCJA**  
Najwyższa produktywność  
dzięki maksymalnej liczbie  
ostrzy

**OBRÓBKA WYKONCZENIOWA**

## Przegląd systemów frezowania czołowego



## NeoMill-T-Finish

Rozwiązanie typu „plug-and-play” z płytkami skrawającymi dzięki bardzo dokładnemu gniazdu płytki.



## NeoMill-Diamond

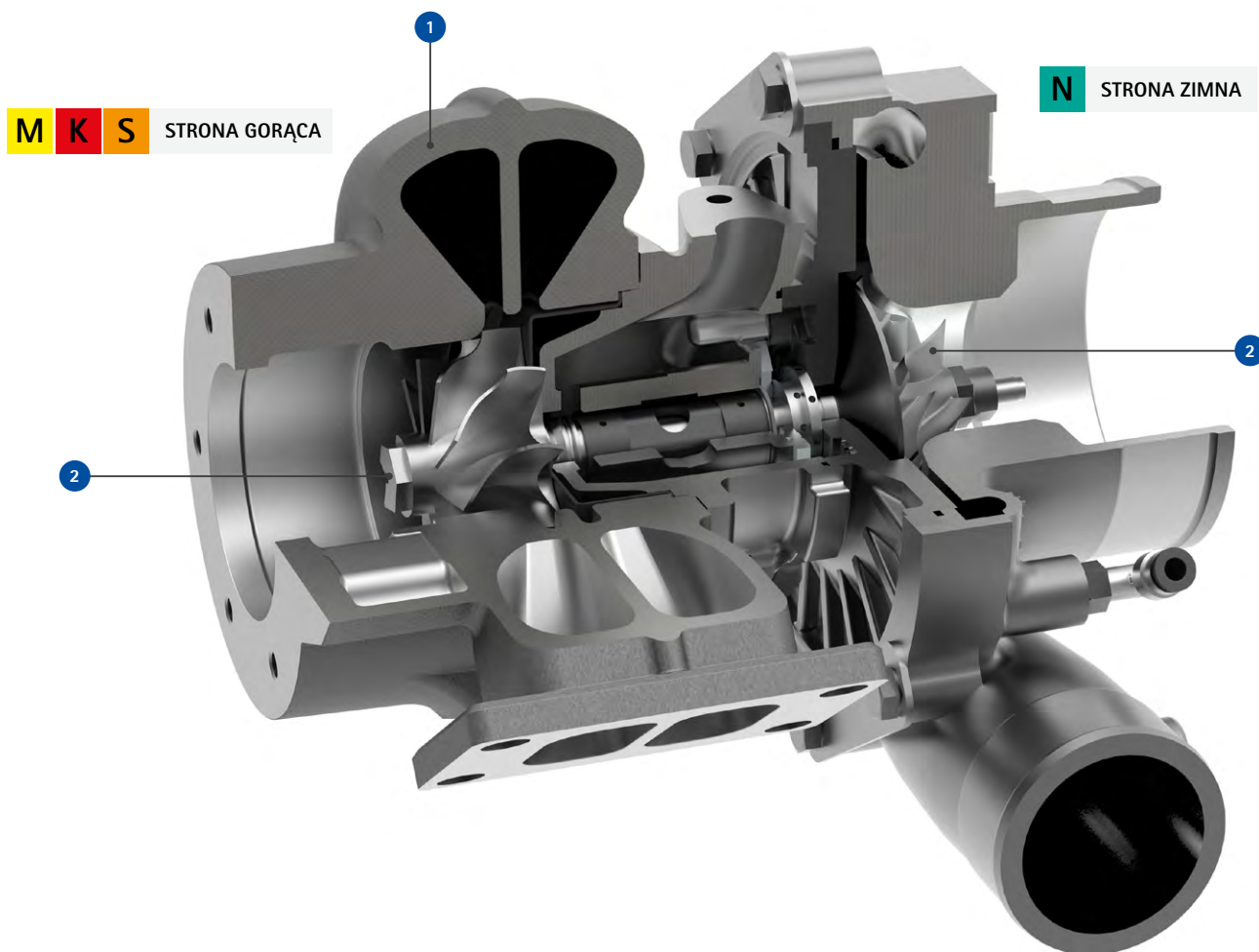
Korpus frezu z wymiennymi wkładkami z PKD i precyzyjną regulacją ostrza.



# Turbosprężarka

W celu zwiększenia mocy i wydajności nowoczesnych silników spalinowych stosuje się turbosprężarki spalinowe. Doprowadzenie sprężonego powietrza zwiększa sprawność, a jednocześnie obniża emisję spalin – co stanowi kluczowy aspekt aktualnych strategii klimatycznych.

Przy prędkościach obrotowych do  $300\,000\text{ obr./min.}^{-1}$  obowiązują najwyższe wymagania dotyczące współosiowości i okrągłości. Szczególnie po stronie spalin (strona gorąca) wysokostopowe, ścierne materiały stawiają ekstremalne wymagania dotyczące odporności narzędzi do obróbki skrawaniem na zużycie. Już niewielka poprawa wydajności narzędzia przy dużych liczbach sztuk prowadzi do znacznych korzyści kosztowych w produkcji seryjnej.



1

## Obudowa turbosprężarki

Złożone kontury i duże obciążenia termiczne wymagają precyzyjnej obróbki i powierzchni bez zadziorów.

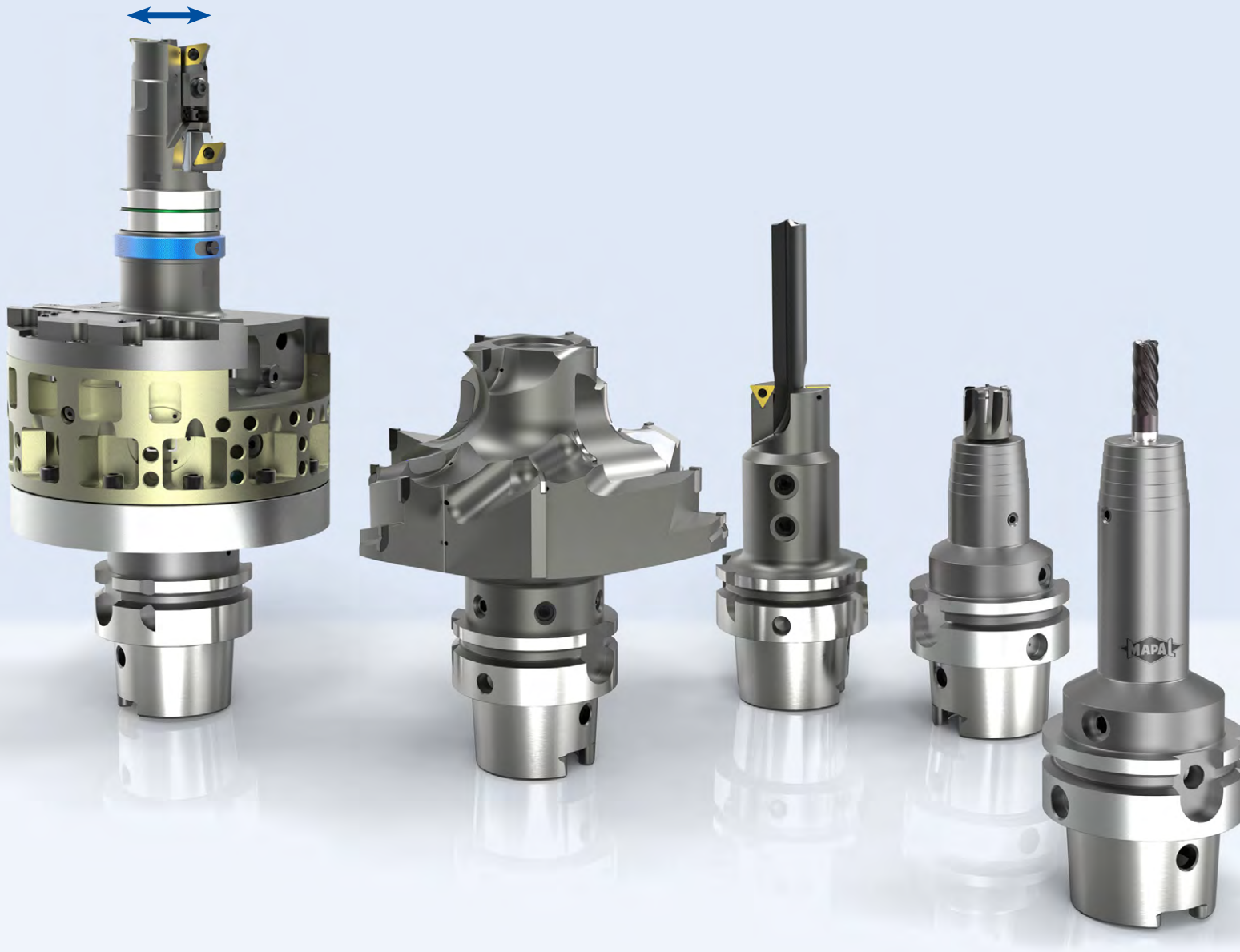
>> Więcej od strony 30

2

## Wirnik/koło łopatkowe

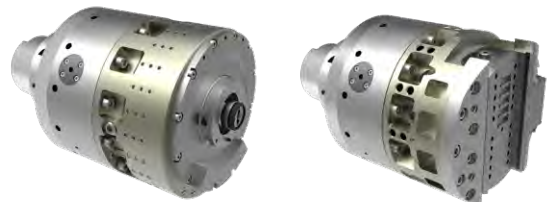
Powierzchnie swobodne i wąskie tolerancje przy wysokich prędkościach obrotowych – wymagająca obróbka geometrii poddanych obciążeniom dynamicznym.

>> Więcej od strony 32



## MAPAL Doświadczenie w zakresie rozwiązań TOOLTRONIC® – PEŁNOPRAWNA DODATKOWA OŚ NARZĘDZIOWA

Narzędzia mechatroniczne MAPAL zapewniają najwyższą precyzję i elastyczność podczas obróbki złożonych konturów, powierzchni czołowych i rowków – na przykład w obudowie turbosprężarki. Dzięki mechatronicznemu systemowi narzędziowemu TOOLTRONIC z tej rodziny produktów, można wydajnie i z wysoką precyzją wykonywać obróbkę elementów obrabianych o kształtach prostopadłościennych w jednym zamocowaniu na centrach obróbczych (BAZ).



# Obudowa turbosprężarki

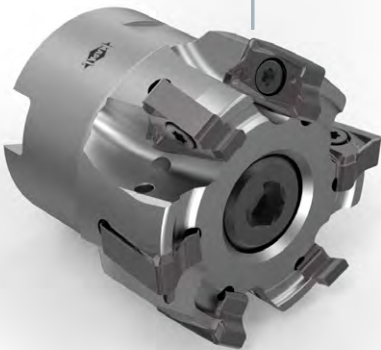
Obudowa turbosprężarki po stronie spalinowej jest narażona na ekstremalne obciążenia termiczne i mechaniczne. Kieruje ona gorące spaliny – o temperaturach sięgających nawet 1050 °C – bezpośrednio na koło turbiny,

aby napędzać jego obrót. Geometria obudowy ma decydujący wpływ na szybkość reakcji i wydajność sprężarki. Wykorzystuje się materiały odporne na wysokie temperatury, takie jak stopy odlewnicze na bazie niklu lub żelaza. Produkcja wymaga precyzyjnych procesów odlewniczych i skomplikowanej obróbki wykończeniowej w celu zapewnienia dokładności wymiarowej i jakości powierzchni – szczególnie w obszarze konturów istotnych z punktu widzenia dynamiki płynów.

## WARUNKI W PROCESIE

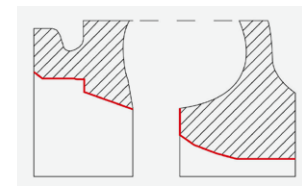
- Materiały o wysokiej odporności na wysoką temperaturę i bardzo ścierne
- Złożone geometrie i kontury z fazami, promieniami i przejściami
- Wąskie tolerancje kształtu, położenia i powierzchni
- Przerwane skrawanie

## K STRONA GORĄCA



### Frezy walcowe powierzchni NeoMill-4-Corner

Krótką, stabilną konstrukcją narzędzia zapewniającą najwyższą stabilność oraz specjalnie opracowane płytki skrawające do materiałów trudnych w obróbce.

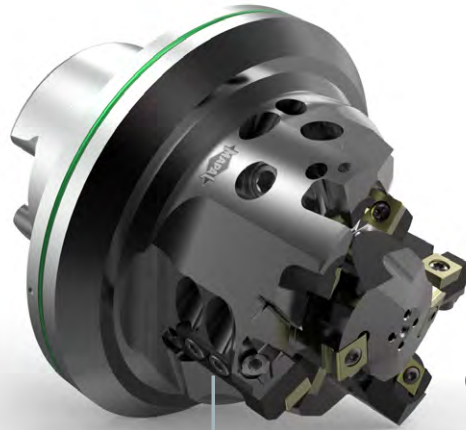


Kontur turbosprężarki

### Obróbka konturów wewnętrznych NARZĘDZIE tooltronic®

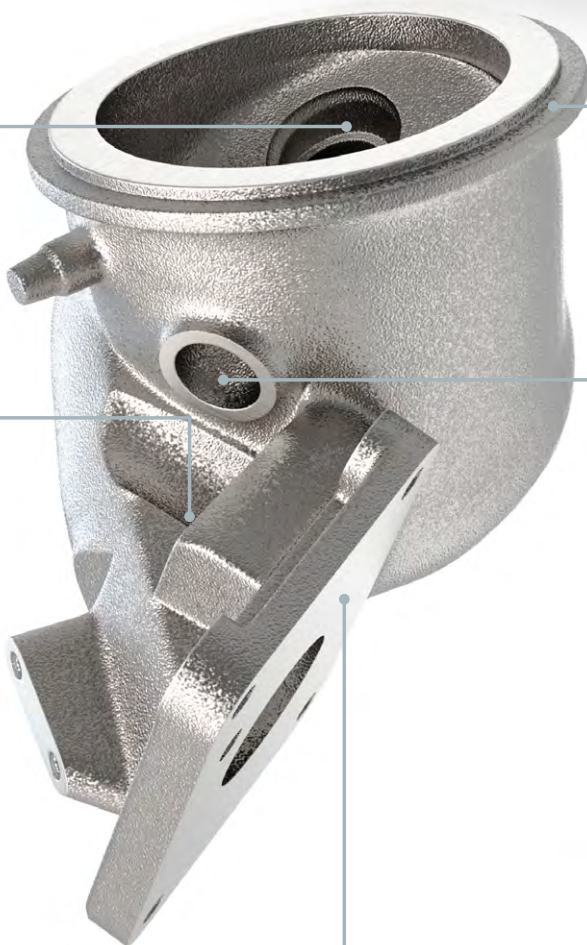
Elastyczna obróbka z dodatkową osią obróbki (oś U) zapewniającą najwyższą elastyczność przy zmianach konturu lub korektach zużycia.





### Obróbka przyłącza kolektora wydechowego **Pogłębiacze**

Konstrukcja narzędzia z regulowanymi płytkami skrawającymi zapewniająca krótki czas obróbki.



### Otwór sworznia sterującego **Rozwiertak wysoko wydajny**

Konstrukcja narzędzia ze specjalnie rozmieszczonymi ostrzami zapewniająca optymalną ewakuację wiórów nawet przy najwyższych posuwach.



### Powierzchnia przyłączeniowa obudowy turbosprężarki **NeoMill-16-Face**

Maksymalna liczba zębów i płytki skrawające z 16 krawędziami skrawającymi zapewniające najwyższą trwałość i niskie koszty na element.



# Turbosprężarka – wirnik / koło łopatkowe

Wirnik jest centralnym elementem po stronie sprężarki turbosprężarki. Przyspiesza on zasysane powietrze promieniowo na zewnątrz, zwiększając w ten sposób jego ciśnienie i temperaturę.

## CECHY

- Materiały trudne w obróbce po stronie gorącej
- Wahania materiałowe i różnice w stopach
- Złożone i trudno dostępne miejsca obróbki
- Wysokie wymagania dotyczące bicia promieniowego
- Wymagania dotyczące powierzchni Ra <0,4 μm

Nowoczesne wirniki są zazwyczaj wykonane z aluminium o wysokiej wytrzymałości lub tytanu i są produkowane za pomocą frezowania 5-osiowego lub odlewania precyzyjnego. Aerodynamicznie zoptymalizowana geometria łopatek ma decydujące znaczenie dla sprawności i charakterystyki ciśnienia doładowania. Ze względu na wysokie prędkości obrotowe sięgające nawet 300 000 obr./min.<sup>-1</sup> należy spełnić najwyższe wymagania dotyczące klasy wyważenia, wytrzymałości i dokładności wymiarowej.

## M S STRONA GORĄCA

### 1 Otwór osiowy



## MEGA-Speed-Drill-Titan

Specjalna geometria ostrza i powłoka zapewniająca minimalne powstawanie narostów na krawędziach skrawających oraz optymalna ewakuacja wiórów.



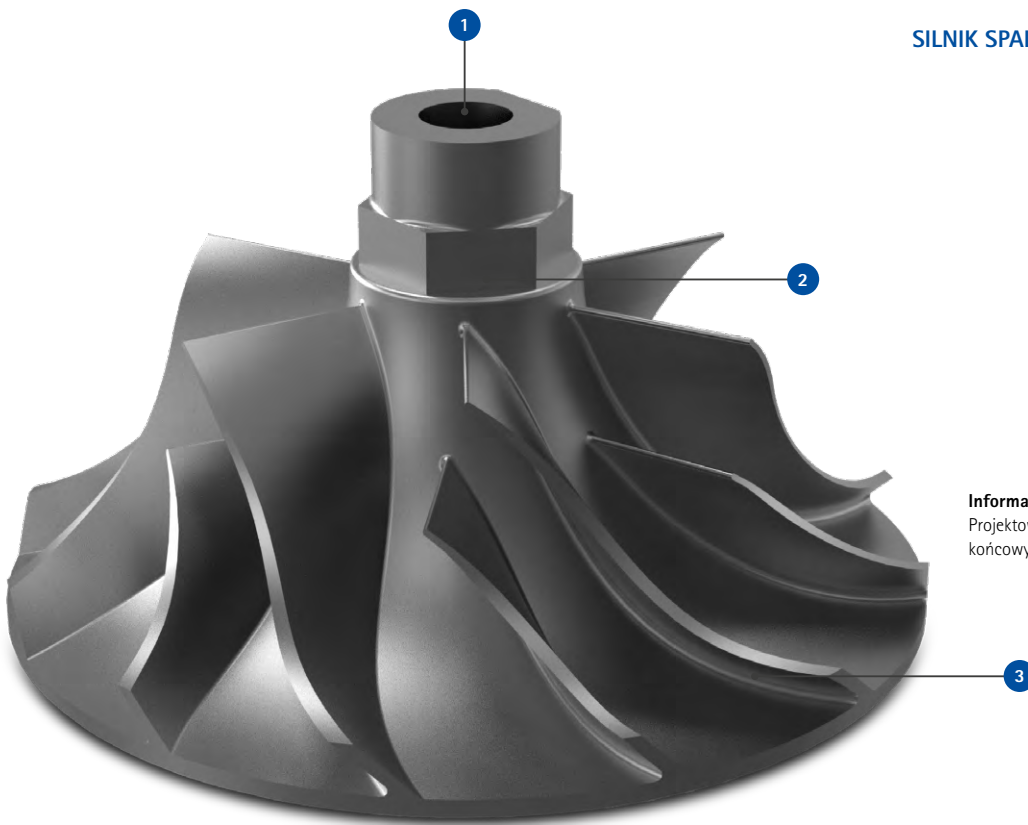
### 2 Powierzchnia wyważania



## Frezy profilowe

Powlekane frezy z węgla spiekane z wieloma ostrzami, opracowane do materiałów trudnych w obróbce.





**Informacja:**  
Projektowanie geometryczne we współpracy z klientem końcowym.

## N STRONA ZIMNA

### 1 Otwór osiowy



#### Tritan-Drill-Alu

Trójstrzowe wiertła z węgla spiekane do najwyższych posuwów.



### 2 Powierzchnia wyważania

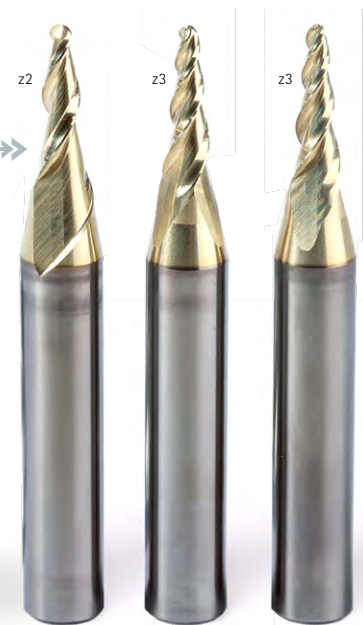


#### Frez walcowo-czołowy z PKD

Frezy z PKD z wieloma ostrzami zapewniające najwyższą trwałość.



### 3 Obróbka łopatek



#### Powlekany frez kształtowy

Frezy kształtowe dostosowane do konturu elementu do obróbki zgrubnej, półwykończeniowej i wykończeniowej.



# Korbowód

Podczas pracy silnika korbowody podlegają dużym obciążeniom dynamicznym. Aby sprostać tym wymaganiom, stosuje się materiały stalowe o wysokiej wytrzymałości, takie jak 70MnVS4 lub C70. Ich zadanie: Przekształcanie ruchu liniowego tłoka w ruch obrotowy wału korbowego. Aby zminimalizować masę poruszającą się, korbowody są konsekwentnie optymalizowane pod kątem masy. Wynikiem tego jest duża różnorodność wariantów – od

kształtów równoległych, przez trapezowe, aż po schodkowe. Ta różnorodność stawia wysokie wymagania produkcji, zwłaszcza podczas obróbki główki korbowodu. Różne geometrie prowadzą do zróżnicowanych sytuacji nawiercania, które muszą być rozwiązane precyzyjnie i ekonomicznie. W produkcji seryjnej nacisk kładziony jest na ekonomiczność. Duża liczba sztuk wymaga stabilnych procesów, krótkich czasów cyklu i maksymalnego czasu żywotności narzędzi.

## Wymagane tolerancje wymiarowe na przykładzie główki

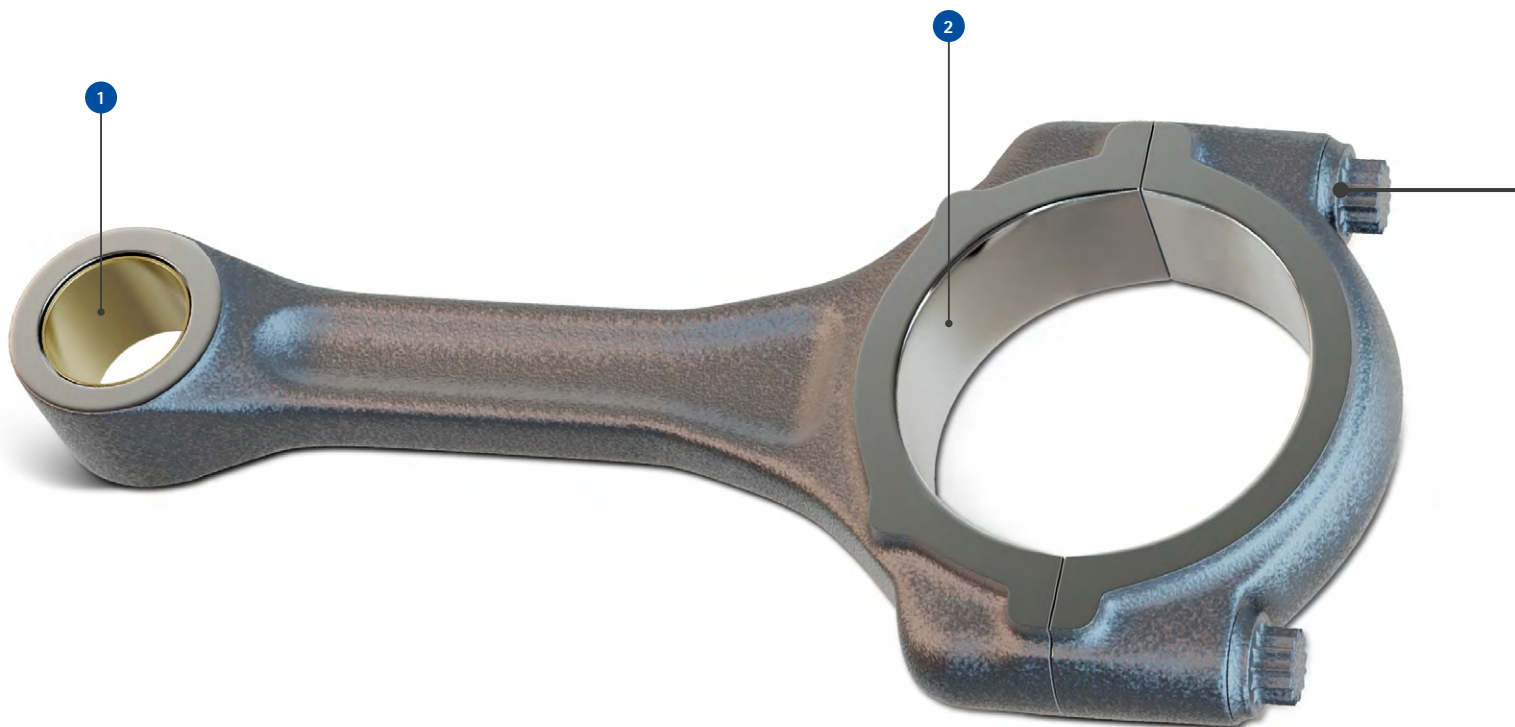
$\lambda$  4 - 6  $\mu\text{m}$

$\varnothing$   $\pm 3 \mu\text{m}$

$\oplus$  60 - 200  $\mu\text{m}$

$\bigcirc$  5 - 10  $\mu\text{m}$

$\sqrt{\quad}$  max. Ra 0,8  $\mu\text{m}$



1

### Główka

Różnorodność wariantów, kształt trąbki i tolerancje w  $\mu\text{m}$ : Obróbka główki wymaga maksymalnej precyzji i elastycznych rozwiązań narzędziowych.

[» Więcej od strony 36](#)

2

### Stopa

Duże siły skrawania i wąskie tolerancje kształtu wymagają stabilnych narzędzi i precyzyjnych strategii obróbki.

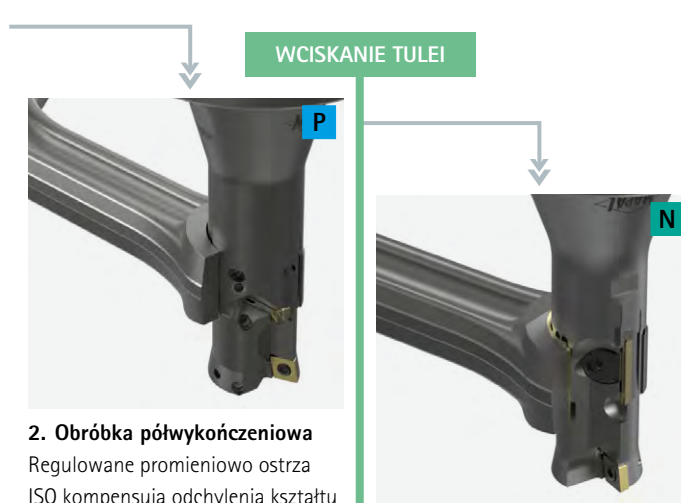
[» Więcej od strony 38](#)

## Głwka w centrum uwagi – podstawowe postępowanie



### 1. Obróbka wstępna

Różne kształty korbwódtów wymagają elastycznych rozwiązań narzędziowych. Specjalne wiertło łączy w sobie wiercenie, powiercanie i dwustronne fazowanie. Wyzwanie: stabilne procesy pomimo zróżnicowanych geometrii.

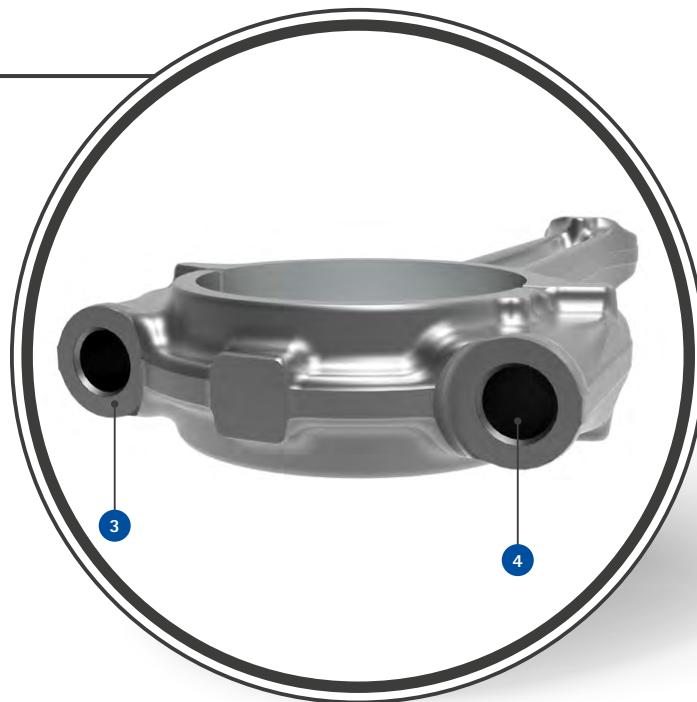


### 2. Obróbka półwykończeniowa

Regulowane promieniowo ostrza ISO kompensują odchylenia kształtu i przygotowują otwór pod tuleję. Dokładność wymiarowa i równomierny rozkład materiału mają decydujące znaczenie dla późniejszego dopasowania.

### 3. Obróbka wykończeniowa

Narzędzia do rozwiercania precyzyjnego z prowadzicami z PKD zapewniają najwyższą jakość powierzchni i okrągłość poniżej 10  $\mu\text{m}$ .



3

### Powierzchnia oparcia łba śruby

Precyzyjna obróbka powierzchni zapewniająca pewne powierzchnie osadzenia śruby – wysoka dokładność wymiarowa i zdefiniowana geometria przy zróżnicowanych kształtach korbwódtów.

>> Więcej od strony 39

4

### Otwór na śrubę

Wielostopniowe wiercenie z wąskimi tolerancjami – stabilne narzędzia i zoptymalizowane geometrie skrawania zapewniające maksymalną stabilność procesu i trwałość.

>> Więcej od strony 39

# Korbowód – Główka

## WARUNKI W PROCESIE

- Sytuacje nawiercania i powiercania wynikające z różnych kształtów korbowodów
- Wymagania dotyczące powierzchni: maksymalnie Ra 0,8 μm
- Tolerancje średnicy w zakresie 6 μm
- Okrągłości od 5 do 10 μm
- Częściowo określone kształty otworów, np. kształt trąbki



## P GŁÓWKA

### 1. Obróbka wstępna



### Wiertło PW

Krótką, stabilną konstrukcją narzędzia umożliwia wiercenie w pełnym materiale, powiercanie i obustronne fazowanie za pomocą tylko jednego narzędzia.



### 2. Obróbka półwykończeniowa i wykończeniowa



### Narzędzie do rozwiercania precyzyjnego

Stopień wstępnego skrawania zapewniający maksymalną trwałość i spełniający najwyższe wymagania jakościowe etapu wiercenia precyzyjnego.



Maksymalna trwałość

Odpowiednie rozwiązanie dla każdego wymagania

Najwyższa produktywność



### Rozwiertak z wymienną głowicą HPR

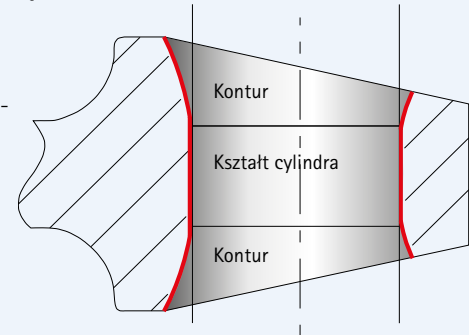
Nadająca się do ponownego szlifowania głowica wymienna z wieloma ostrzami, zapewniająca krótki czas obróbki i wysoką trwałość.





## MAPAL Doświadczenie w zakresie rozwiązań KSZTAŁT TRĄBK

Kształt trąbki stosuje się w celu zminimalizowania nacisku na krawędzie i zapewnienia optymalnego przeniesienia siły między sworzniem tłoka a korbwodem. Kształt ten pomaga w pełni wykorzystać właściwości materiału i zrekomensować odkształcenie sworznia w główce korbwodu.



## N GŁÓWKA Z TULEJĄ

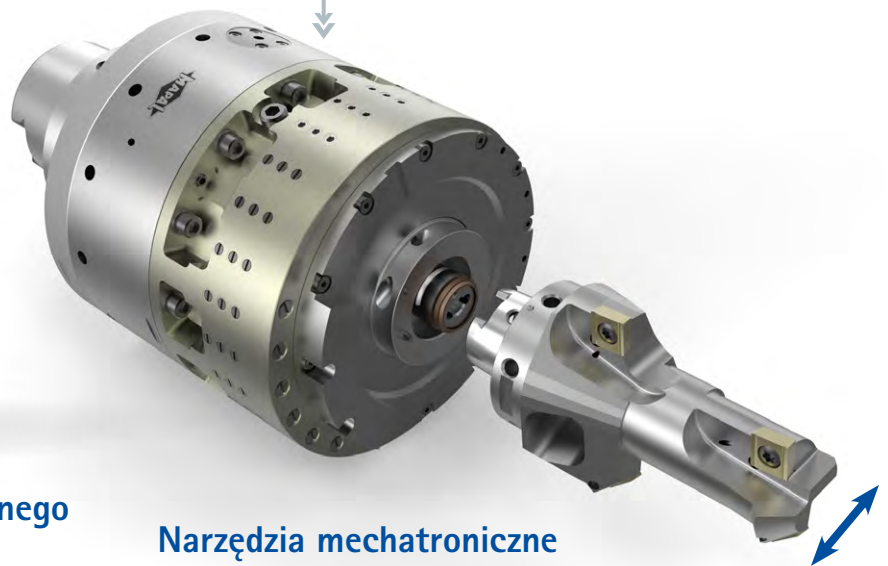


### 3. Obróbka wykończeniowa

Odpowiednie rozwiązanie dla każdego konturu

Kształt cylindra

Kształt trąbki



Więcej na temat narzędzi mechatronicznych

## Narzędzie do rozwiercania precyzyjnego

Stopień wstępnego skrawania i regulowany stopień obróbki wykończeniowej PW dla najwyższych wymagań jakościowych i maksymalnej trwałości narzędzia.



## Narzędzia mechatroniczne

Dodatkowa oś U do obróbki półwykończeniowej i wykończeniowej dla stopy i główki. Najwyższa elastyczność konturu i prosty kontur zużycia.



# Korbwód – stopa

## WARUNKI W PROCESIE

- Odporny na ścieranie węgiel spiekany w miejscu karbu rozdzielczego
- Różne sytuacje naddatków
- Najwyższe wymagania jakościowe dotyczące geometrii otworu
- Okrągłości od 5 do 8  $\mu\text{m}$
- Tolerancje średnicy w zakresie 10  $\mu\text{m}$
- Zdefiniowane wartości powierzchni od  $\sim$  Rz 6  $\mu\text{m}$  do Rz 11  $\mu\text{m}$



## P STOPA

### 1. Obróbka wstępna



### Narzędzie do obróbki zgrubnej

Stabilna konstrukcja narzędzia z wieloma ostrzami do tężenia kilku etapów procesu (obróbka zgrubna, powiercanie, fazowanie).



### 2. Obróbka wykończeniowa



### Narzędzie do rozwiercania precyzyjnego

Wiercenie zgrubne i rozwiercanie precyzyjne zapewniające zdefiniowany naddatek, maksymalną trwałość i spełnienie najwyższych wymagań jakościowych.



# Korbwód – Powierzchnia oparcia łba śruby / otwór na śrubę

## WARUNKI W PROCESIE

- Dokładność pozycjonowania +/-0,10 mm
- Wymagania dotyczące powierzchni Ra 3,2 µm
- Koncentryczność 0,20 mm
- Tolerancje średnicy w zakresie 0,05 mm do 0,10 mm
- Wykonanie otworu z kilkoma stopniami
- Materiały trudne w obróbce skrawaniem z dodatkowo utwardzoną powłoką zewnętrzną



## P POWIERZCHNIA OPARCIA ŁBA ŚRUBY

### 1. Rowkowanie/frezowanie



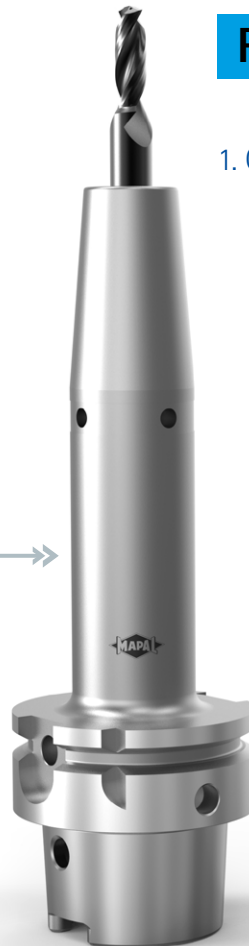
## Frez z węgla spiekanego

Geometria czoła przecinająca środek do frezowania i rowkowania powierzchni podparcia.



## P OTWÓR NA ŚRUBĘ

### 1. Obróbka wstępna i wykończeniowa



## Wiertło stopniowane z węgla spiekanego

Wielostopniowa konstrukcja typu „one-shot” z optymalnym łamaniem wiórów na stopniach rozwiercania.



# Wał korbowy

Podstawowa konstrukcja wału korbowego zależy od liczby cylindrów i układu silnika. Aby zmniejszyć emisję, wały stalowe, najczęściej kute, muszą być coraz bardziej zoptymalizowane pod kątem masy. Wymaga to dodatkowych

etapów obróbki w przypadku i tak już złożonych elementów. Jednocześnie rosnące ciśnienia spalania prowadzą do większych obciążeń zginających i skręcających – a tym samym do zastrzonych wymagań jakościowych dotyczących dokładności wymiarowej, wytrzymałości i jakości powierzchni.

## WARUNKI W PROCESIE

### Przykład centralnego otworu odciążającego:

- Wielokrotne nawiercanie
- Głębokość otworu do 800 mm
- Dostosowane parametry procesu do jednoczesnego wiercenia i gradowania
- Współosiowość
- Zmienne warunki obróbki skrawaniem spowodowane wahaniami odlewów

## P WAŁ KORBOWY



### Powierzchnia kołnierza i czopa NeoMill-16-Face

Maksymalna liczba zębów i płytki skrawające z 16 krawędziami skrawającymi do zastosowania, zapewniające niskie koszty na element.



### Otwór olejowy MEGA-Deep-Drill-Steel

Zoptymalizowana geometria i powłoka HiPIMS zapewniają niezawodne wiercenie głębokich otworów z dużymi posuwami.





Więcej na temat wiercenia w pełnym materiale i fazowania

## Centralny otwór odciążający Narzędzie do gratowania otworów TTD

System głowic wymiennych z interfejsem TTS i wymiennymi ostrzami do fazowania przedniego i/lub tylnego.



### **FUNKCJA**

System głowic wymiennych MAPAL i ostrza firmy HEULE do wejścia i wyjścia otworu.

## **P** OTWÓR ŁOŻYSKA CZOŁOWEGO

1. Obróbka wstępna

2. Obróbka wykończeniowa



## Rozwiertak wysoko wydajny

Rozwiertak typu „plug-and-play” z wieloma ostrzami do obróbki wykończeniowej średnicy i fazy.



## Wiertło PW

Krótkie, stabilne narzędzie z wieloma zintegrowanymi etapami procesu w jednym narzędziu (obróbka zgrubna, powiercanie, fazowanie).



# Wahacz silnikowy / dźwignia zaworowa rolkowa

Precyzyjne sterowanie zaworami dolotowymi i wydechowymi ma decydujące znaczenie dla mocy i wydajności nowoczesnych silników spalinowych. W technice motoryzacyjnej stosuje się zazwyczaj cztery zawory na cylinder

– dwa do wlotu świeżego powietrza lub mieszanki powietrzno-paliwowej, dwa do wylotu spalin. W zależności od konstrukcji silnika za uruchamianie zaworów odpowiadają wahacz silnikowy lub dźwignia zaworowa (rolkowa). Celem jest zminimalizowanie tarcia i zużycia ruchomych elementów. Za pomocą zintegrowanych podkładek regulacyjnych można precyzyjnie wyregulować luz zaworowy, aby zapewnić stabilny proces spalania i zapobiec uszkodzeniom silnika.

## WARUNKI W PROCESIE

### Przykładowy otwór łożyska:

- Tolerancje średnicy w zakresie H7
- Wymagania dotyczące powierzchni w zakresie Rz 3  $\mu\text{m}$
- Okrągłość w zakresie kilku  $\mu\text{m}$
- Zmienna jakość odlewów

## P OTWÓR MONTAŻOWY

### 1. Obróbka wykończeniowa

## Narzędzie do rozwiercania precyzyjnego PW

Narzędzie do rozwiercania precyzyjnego prowadzone listwą z regulowanymi ostrzami, spełniające najwyższe wymagania jakościowe.



Najwyższa precyzja

Odpowiednie rozwiązanie dla każdego wymagania

Najwyższa produktywność



## Rozwiertak z wymienną głowicą HPR

Nadający się do ponownego ostrzenia rozwiertak z wieloma ostrzami z interfejsem HFS dla uproszczonej wymiany narzędzia.



## P OTWÓR ŁOŻYSKA

### 1. Obróbka wykończeniowa



Najwyższa produktywność



### Rozwiertak z wymienną głowicą HPR

Nadający się do ponownego ostrzenia rozwiertak z wymienną głowicą i systemem HFS z wieloma ostrzami do szybkiej wymiany narzędzia w maszynie.



Odpowiednie rozwiązanie dla każdego wymagania

Najwyższa precyzja



### Narzędzie do rozwiercania precyzyjnego PW

Narzędzie z listwami prowadzącymi oraz regulowane płytki skrawające spełniające najwyższe wymagania jakościowe.



# Szyna

Podobnie jak w silnikach wysokoprężnych z układami Common Rail, również w nowoczesnych silnikach benzynowych paliwo jest coraz częściej wtryskiwane bezpośrednio do komory spalania. Mieszanka powstaje dopiero

w komorze spalania, co zwiększa moc i wydajność oraz zmniejsza emisję spalin. Rosnące ciśnienia wtrysku sięgające nawet 2 500 barów stawiają przed komponentami i materiałami najwyższe wymagania. Wykorzystywane są materiały trudne w obróbce, takie jak staliwo lub stal nierdzewna – w połączeniu ze złożonymi procesami obróbki.

## WARUNKI W PROCESIE

### Przykład centralnego otworu szyny:

- Niezwykle twarda zewnętrzna powłoka odlewnicza
- Ekstremalne głębokości wiercenia do 25xD
- Tolerancje średnicy w zakresie 0,20
- Obrabiane materiały z długimi wiórami

## Przyłącze wysokociśnieniowe Wiertła

Wiertło z węgla spiekanego do najmniejszych średnic otworów.



## P SZYNA

## P CENTRALNY OTWÓR SZYNY

1. Obróbka wstępna

2. Wiercenie w pełnym materiale

## Wiertło pilotujące

Specjalna geometria do trudnej do obróbki zewnętrznej powłoki odlewniczej, idealnie dopasowana do następującego wiertła do otworów głębokich.



## Wiertła do głębokiego wiercenia

Zoptymalizowana geometria i powłoka ochronna zapewniają maksymalną wydajność i najlepszy przepływ wiórów nawet przy ekstremalnych głębokościach wiercenia.

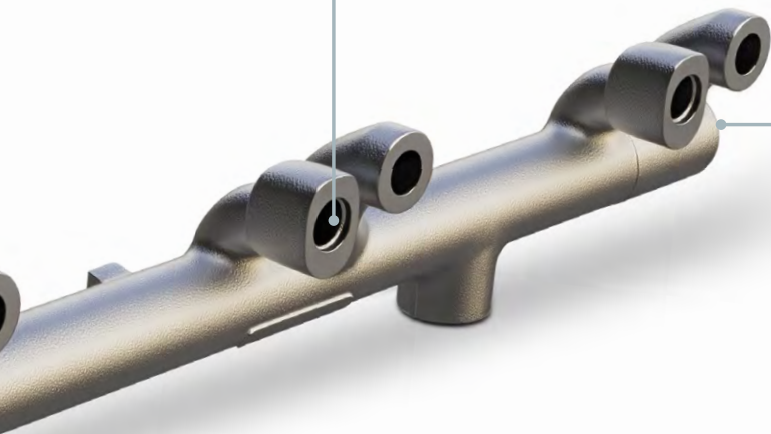




Otwór pod wtryskiwacz

## Powlekany rozwiertak stopniowy z węgla spiekanego

Specjalna konstrukcja narzędzia zapewniająca optymalny rozkład cięcia i kontrolę wiórów na skokach stopni.



Obróbka końcówek

## Głowica noża czołowego

Narzędzie typu kombi z wieloma ostrzami do frezowania czołowego i wstępnego rowkowania faz czołowych.



Obróbka przyłącza

## Pogłębiacze czołowe

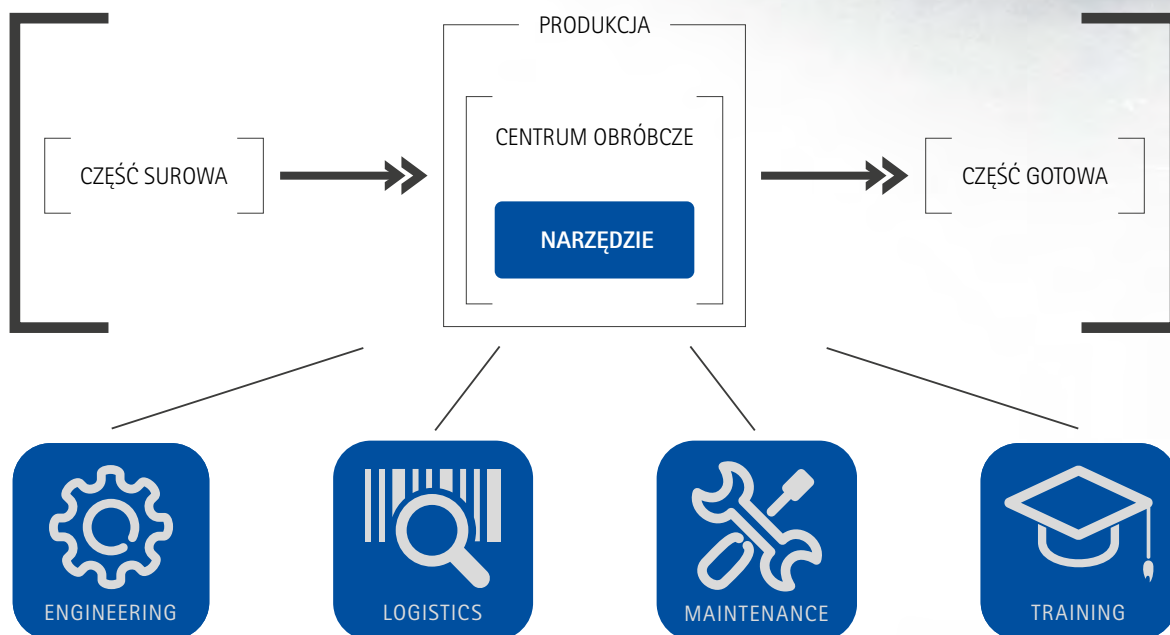
Monolityczna konstrukcja narzędzia z płytkami skrawającymi do obróbki średnicy i fazy.



# Usługa dostosowana do indywidualnych potrzeb

Korzenie firmy MAPAL tkwią w produkcji narzędzi specjalnych. Dlatego zawsze koncentrujemy się na kompleksowym doradztwie i wsparciu w zakresie zadań i procesów związanych z obróbką.

Dzięki kompleksowemu zakresowi usług MAPAL zapewnia wsparcie we wszystkich fazach i obszarach produkcji. Niezależnie od tego, czy chodzi o utworzenie nowego zakładu produkcyjnego, optymalizację procesów, wprowadzenie nowych technologii, przebrojenie maszyn na nowe komponenty, optymalizację zapasów narzędzi, czy poszerzenie wiedzy pracowników.



Dzięki modułowi usług inżynierskich MAPAL gwarantuje szybką, precyzyjną i niezawodną produkcję. Dalsze potencjalne oszczędności można uzyskać w obszarze logistyki i konserwacji. A w zakresie szkoleń MAPAL zapewnia, że zgromadzona specjalistyczna wiedza jest dostępna dla klienta w sposób przejrzysty i pełny – dając klientom decydującą przewagę nad konkurencją.

Zoptymalizowane procesy i kompleksowe wsparcie są centralnym elementem wszystkich ofert usług MAPAL, zawsze mając na celu wniesienie znaczącego wkładu w płynną, produktywną i ekonomiczną produkcję dla klienta.

# Piktogramy

## Proces produkcyjny



Frezowanie



Wiercenie



Rozwiercanie i rozwiercanie precyzyjne



Narzędzia mechatroniczne

## Chłodzenie



**Smarowanie minimalną ilością czynnika smarującego-chłodzącego**  
Zmniejsza zużycie smaru i zapewnia czyste, zrównoważone procesy – idealne rozwiązanie dla nowoczesnych koncepcji produkcyjnych.

## Technologia cięcia



### Ostrza stałe

Maksymalne bezpieczeństwo procesu dzięki najwyższej stabilności i wartości bicia – idealne rozwiązanie do produkcji seryjnej przy wysokich parametrach skrawania i długiej trwałości.



### Regulowane – Oprawki narzędziowe

Prosta, ręczna regulacja płytek skrawających zapewnia precyzyjne rozwiercanie i powiercanie – uniwersalne i ekonomiczne.



### Regulowane – zasada MAPAL

Wysoko precyzyjna regulacja średnicy i stożka zapewnia maksymalną dokładność wymiarową – idealne rozwiązanie do wymagających otworów o wąskich tolerancjach i wysokiej powtarzalności.



### Ostrza wymienne

Szybka wymiana ostrzy bez konieczności ponownej regulacji skraca czas przezbierania i obniża koszty – szczególnie ekonomiczne przy dużych liczbach sztuk i zmieniających się materiałach.



### Regulowane – wkładka frezarska

Regulowane wkładki frezarskie z PKD umożliwiają precyzyjną regulację osi Z w celu uzyskania idealnie płaskich powierzchni – opcjonalnie również do tworzenia określonych profili powierzchni.



### Regulowane – system EA

Prosta i precyzyjna regulacja średnicy – stożek jest już zintegrowany w kasecie. Minimalizuje błędy obsługi i zmniejsza nakłady szkoleniowe.

## Materiał skrawający



### PCD

Zapewnia najwyższą odporność na ścieranie i najlepszą jakość powierzchni w przypadku metali nieżelaznych – idealne do produkcji wielkoseryjnej.



### Węgiel spiekany

Uniwersalne zastosowanie – optymalne do średnich serii z wyważonym stosunkiem wydajności do kosztów.



### PcBN

Najlepiej nadaje się do obróbki materiałów odpornych na ścieranie i ściernych – idealne do procesów wiercenia o wąskich tolerancjach i wysokiej dokładności wymiarowej.



### Cermet

Idealne do wysokiej dokładności wymiarowej i gładkich powierzchni – doskonałe do obróbki wykończeniowej stali.

## Liczba ostrzy głównych



Jedno ostrze główne



Dwa ostrza główne



Trzy ostrza główne



Cztery ostrza główne



Pięć ostrzy głównych



Sześć ostrzy głównych



Ośmiem ostrzy głównych



Dziesięć ostrzy głównych

## Złącze



### System HFS do rozwiertaka z wymienną głowicą

Pewna procesowo dokładność wartości bicia i powtarzalności < 3 μm oraz łatwa obsługa podczas wymiany narzędzia.



### System TTS do wymiennej głowicy wiertniczej

Przekładnia z uzębieniem kształtowym dla optymalnego przeniesienia momentu obrotowego – idealna do dynamicznej obróbki z elastyczną geometrią narzędzia.



### Adapter modułowy

Wyrównanie z dokładnością do mikrometrów w celu kompensacji błędów wrzeciona i narzędzia – idealne przy dużych wysięgach i złożonych elementach.



### Technologia mocowania hydraulicznego

Trwała dokładność wartości bicia i powtarzalności < 3 μm z wbudowanym tłumieniem drgań – idealne do precyzyjnych i zrównoważonych procesów.



### Technika termokurczliwa

Bardzo wysoka początkowa dokładność wartości bicia – optymalna do zastosowań przy wysokich prędkościach obrotowych i niskiej częstotliwości wymiany.



### Technika mechanicznego mocowania narzędzi

Duża siła trzymania i zapobieganie wysuwaniu się narzędzia – optymalne do stabilnej obróbki frezarskiej w warunkach granicznych.



### Trzpień nasadzany

Solidne połączenie dla dużych narzędzi frezarskich – sprawdzone przy ciężkiej obróbce skrawaniem i dużym obciążeniu.



Warto odkryć już teraz rozwiązania w zakresie narzędzi i usług, które pomogą w takich pracach, jak:

## OBRÓBKA OTWORÓW

ROZWIERCANIE | ROZWIERCANIE PRECYZYJNE

WIERCENIE W PEŁNYM MATERIALE | POWIERCANIE | POGŁĘBIANIE

## FREZOWANIE

## TECHNIKA MOCOWANIA

## TOCZENIE

## NARZĘDZIA MECHATRONICZNE

## USTAWIENIA | POMIARY | WYDAWANIE NARZĘDZI

## USŁUGI

FOLLOW US

