اویل ایندااستری
Oilindustry.ir
CLICK HERE

شرکت ملی نفت ایران

شرکت پشتیبانی ساخت و تهیه کالای نفت تهران

آشنایی با مته های حفاری

مدیریت پشتیبانی ساخت تجهیزات مکانیک، برق و ابزار دقیق

بسم الله الرحمن الرحیم

شرکت ملی نفت ایران

شرکت پشتیبانی

ساخت و تهیه

کالای نفت تهران

آشنایی با
مته های حفاری

۱- مقدمه	۵
۲- مته های حفاری چرخشی	۶
۲-۱- مته های مخروطی چرخشی	۶
۲-۲- مته های با تیغه ثابت	۸
۲-۳- مته های کاربرد ویژه	۱۱
۳- فرآیند ساخت مته ها	۱۲
۳-۱- فرآینده ساخت مخروطهای دندانه فولادی	۱۲
۳-۲- فرآینده ساخت مخروط مته اینزرتی	۱۴
۳-۳- فرآینده ساخت پایه مته های مخروطی	۱۴
۳-۴- فرآینده مونتاژنهایی مته های چرخشی سه مخروطی	۱۶
۳-۵- فرآینده ساخت مته های PDC	۱۶
۴- شرکتهای سازنده مته های چرخشی	۱۹

۱ـ مقدمه

حفاری (Drilling) به معنی نفوذ در سنگ است. عملیات حفاری در زمینه‌های مختلف مهندسی و علوم کاربرد وسیعی دارد. امروزه بیش از ۹۵٪ حفاری‌ها به روش مکانیکی و با ماشینهای ضربه‌ای(Percussive drills)، ماشینهای چرخشی (Rotary drills) و ماشینهای ضربه‌ای ـ چرخشی انجام می‌گیرد. مته‌های حفاری معمولا به پایین‌ترین بخش لوله حفاری یا در مورد چاههای عمیق بالاخص سیستم حفاری چرخشی، به پایین‌ترین بخش لوله اضافی متصل بوده(شکل ۱) و عامل انتقال انرژی دریافتی از لوله حفاری به سنگ می‌باشد و از این طریق موجب نفوذ در آنها می‌گردد. بدون شک مقدار انرژی باید به حدی باشد که بتواند مقاومت سنگ را درهم بشکند و جنس مته نیز باید از موادی تشکیل شده باشد که در مقابل سختی سنگها و حرارت و فشار اعماق چاهها مقاومت کند. با توجه به عملکرد مته‌های حفاری آنها را بر اساس سه اصل ذیل طراحی می‌کنند:

۱ مته‌هایی که باعث تراشیدگی (Crushing-chipping action) و ریزریز شدن سنگها می‌شوند . این گونه مته‌ها بیشتر برای سنگهای دارای مقاومت و سفتی کم همچون رسهای چسبنده، شیلهای رسی و سنگها یا کانیهای دارای خاصیت ساییدگی مورد استفاده قرار می‌گیرند.

۲ مته‌هایی که در اثر نیروی مماسی و با عمل برشی (Shearing action) موجب نفوذ در سنگها می شوند. این مته‌ها برای سنگهای نیمه سخت تا سخت (سنگهایی با خاصیت ساییدگی) به کار برده می‌شوند.

۳ مته‌هایی که با ایجاد بریدگی و خراش اندازی (Cutting-abrasive action)موجب نفوذ درسنگها می‌شوند. این مته‌ها برای سنگهای نیمه سخت تا سخت و سنگهایی با خاصیت پلاستیکی مورد استفاده قرار می‌گیرند.

شکل ۱ ـ مته حفاری نصب شده بر روی لوله حفاری

۲ ـ مته‌های حفاری چرخشی

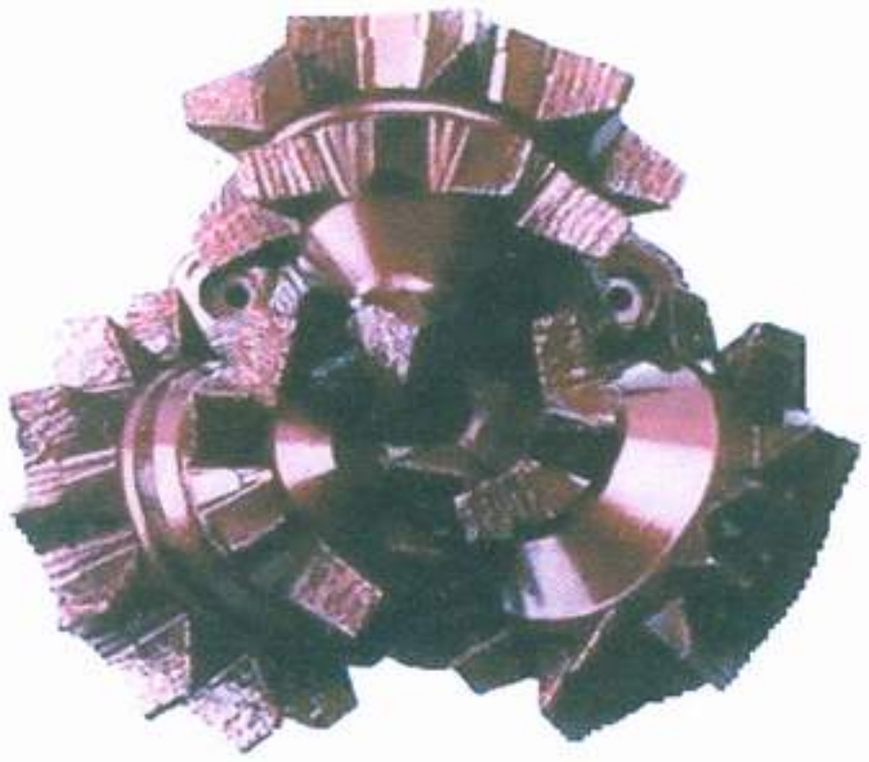
حفاری چرخشی از روشهای حفاری پیشرفته حفر چاههای نفت است. در این روش از مته‌هایی از جنس فولاد، الماس و کاربید تنگستن برای نفوذ در سنگها استفاده می‌شود. در ماشینهای حفاری چرخشی مته و لوله‌ها هر دو می‌چرخند و انرژی حفاری که از این طریق به سنگ وارد می‌شود ترکیبی از انرژیی چرخشی و تراست (فشار روی مته) است. چرخش لوله و مته در این ماشینها ناشی از انرژی‌ای است که از صفحه دوار به لوله چند بر و از آن به لوله و مته منتقل می‌شود.
تنشی که از طریق مته به سنگ وارد می‌آید از نوع مماسی می‌باشد. سرعت حفاری در این نوع سیستم عمدتاً به نوع مته، نوع سنگ، مقدار انرژی چرخشی و تراست بستگی دارد . نوع مته ای که باید برای عملیات حفاری انتخاب شود در درجه اول به سازندی(Formation) که باید درآن حفاری صورت گیرد، بستگی دارد علاوه بر این عامل اقتصادی نیز باید مورد توجه قرارگیرد. دریک تقسیم بندی کلی مته‌ها را می‌توان درسه گروه اصلی قرارداد : مته های مخروطی چرخشی (تیغه‌متحرک)، مته‌های تیغه ثابت و مته‌های کاربرد ویژه.

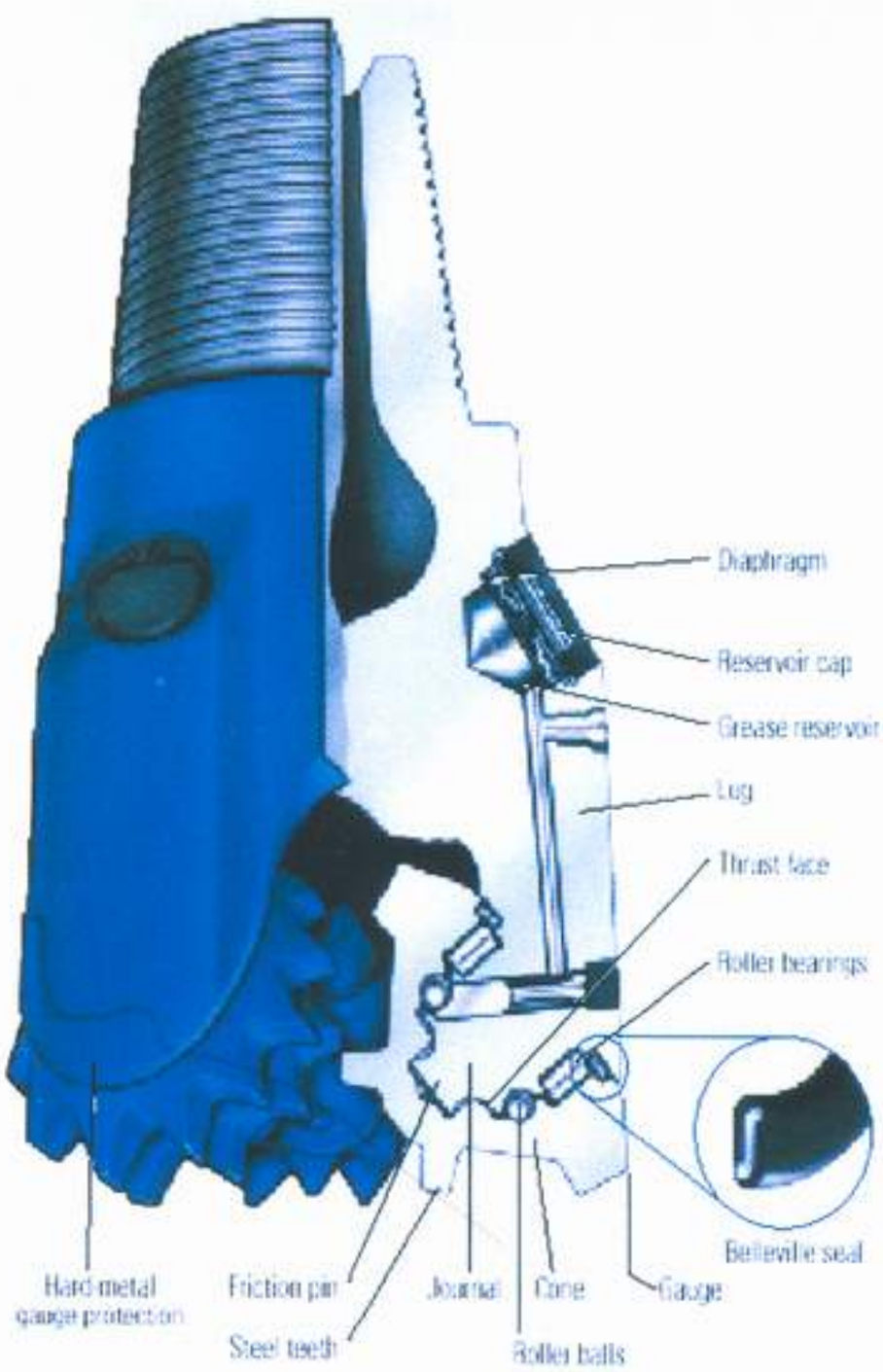
۲-۱ – مته های مخروطی چرخشی (Roller cone Bits)

مته‌های مخروطی چرخشی معمول‌ترین نوع مته‌ها بوده و برای طیف گسترده‌ای ازحفاریهای چرخشی مورد استفاده قرار می‌گیرند. مته‌های مخروطی چرخشی اصطلاحا مته‌های سه مخروطه (Tri-cone bits) نامیده می شوند. این مته ها دارای سه جزء مخروطی شکل هستند که چند ردیف تیغه (دندانه) برنده بر روی آنها تعبیه شده است. هر مخروط حول محور خود می‌چرخد و با چرخش لوله حفاری هرسه مخروط به گردش درمی‌آیند.
تیغه‌های هر مخروط هنگام چرخش مانند چرخدنده در فضای خالی میان تیغه‌های دو مخروط دیگر حرکت می‌کنند بنابراین مخروطها، گل و لای میان دندانه‌های یکدیگر را تمیز کرده و راندمان حفاری را بالا می برند. هر مخروط دور یاتاقان می‌چرخد که توسط سیال حفاری و یا نوعی گریس مخصوص‌آب بندی شده (Sealed) در داخل مخروط، روغنکاری می‌شود. مته‌های مخروطی با توجه به شکل و جنس تیغه‌ها به دو نوع دندانه فولادی (Steel tooth) و اینزرت کاربید تنگستن(Tungsten carbide insert) تقسیم می‌شوند.

۲-۱-۱- مته های دندانه فولادی

این مته‌ها برای سازند های نرم تا نیمه سخت‌کاربرد دارند . دندانه‌های روی مخروط ها به وسیله ماشین‌کاری مخروط ایجاد شده و یا مستقیماً به همراه مخروط فورج می‌شوند (شکل ۲). مته‌های دندانه فولادی دارای تیغه های بلند یا کوتاه می‌باشند که با توجه به سازند حفاری نوع تیغه‌ها انتخاب می‌شوند.

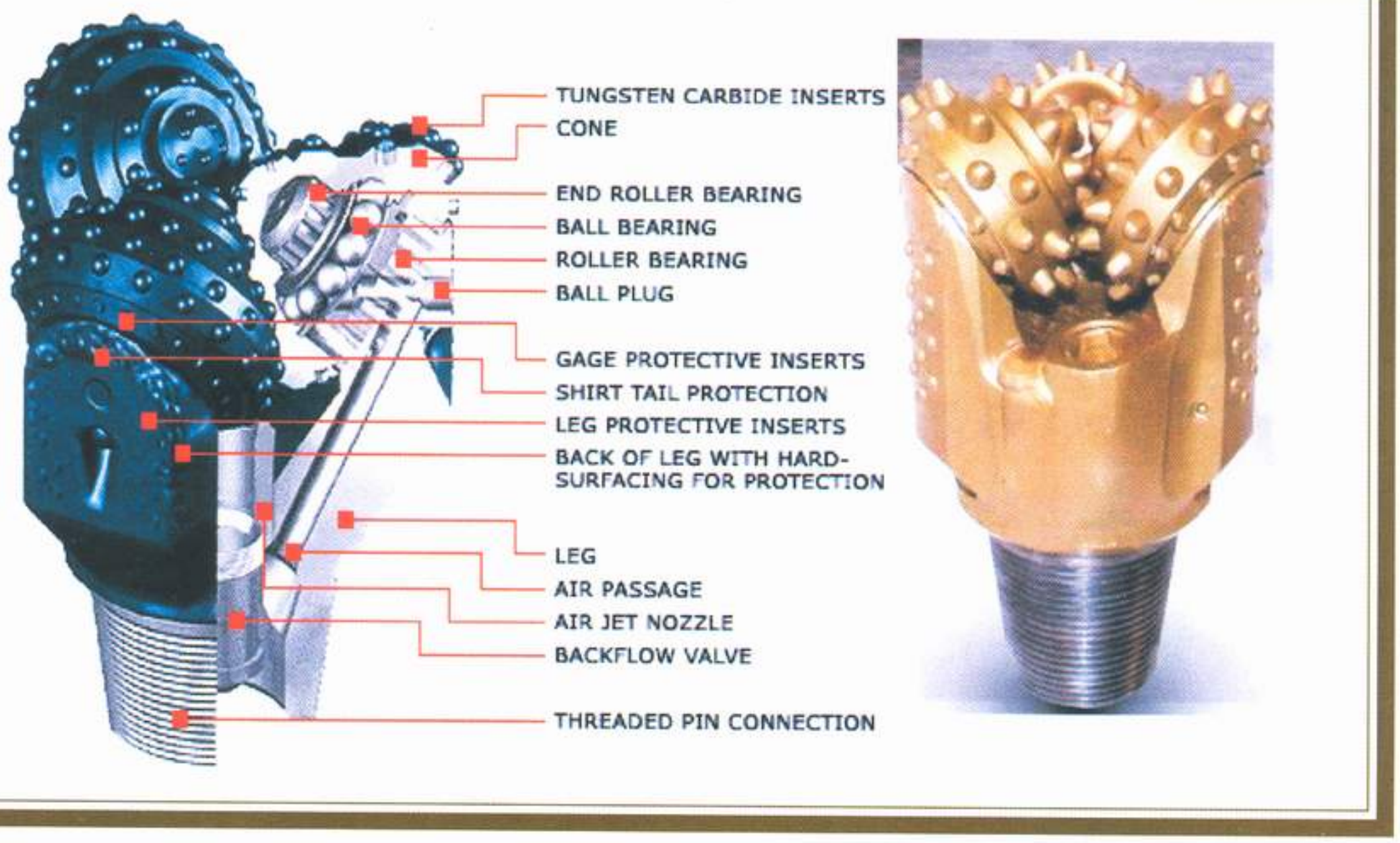




شکل ۲ ـ مته مخروطی دندانه فولادی و اجزای تشکیل دهنده آن

۲-۱-۲- مته‌های اینزرتی کاربید تنگستن

این نوع مته‌ها برای سازندهای نیمه سخت تا سخت کاربرد دارند. اینزرتهای کاربید تنگستن داخل حفره ایجاد شده در سطح مخروط فولادی پرس می‌شوند. این اینزرتها دارای بدنه توپر استوانه‌ای شکل هستندکه انتهای آن گرد شده و یا اندکی تیز می‌شود (شکل ۳).



شکل۳ ـ مته مخروطی اینزرتی کاربید تنگستن و اجزای تشکیل دهنده آن

۲-۲- مته های با تیغه ثابت (Fix cutter)

این خانواده از مته‌ها به عنوان مته‌های الماسه (Diamond Bits) هم شناخته می‌شوند. این مته‌ها به جای برخوردار بودن از سه مخروط که بطور مستقل از هم می‌چرخند دارای یک بدنه و سر ثابت هستند که بطور یکپارچه با لوله حفاری می‌چرخند.

در طراحی مته‌های تیغه‌ای تعداد و شکل تیغه‌ها ، اندازه و محل قرارگیری آنها و نیز متالورژی مته و عناصر برش دهنده مد نظر قرار می‌گیرد. در این نوع مته‌ها ذرات الماس بر روی یک بدنه ماتریسی (Matrix) و یا بدنه فولادی قرار می‌گیرند. در حال حاضر الماسهای مصنوعی که درمته‌ها استفاده می‌شوند دو نوع هستند:

Polycrystalline diamond compact (PDC) و Thermally stable polycrystalline (TSP)

تولید کنندگان مته از الماسه‌های طبیعی، PDC ، TSP و یا ترکیبی از این سه نوع در ساخت مته‌ها استفاده می‌کنند.

۲-۲-۱- مته‌های با الماس طبیعی

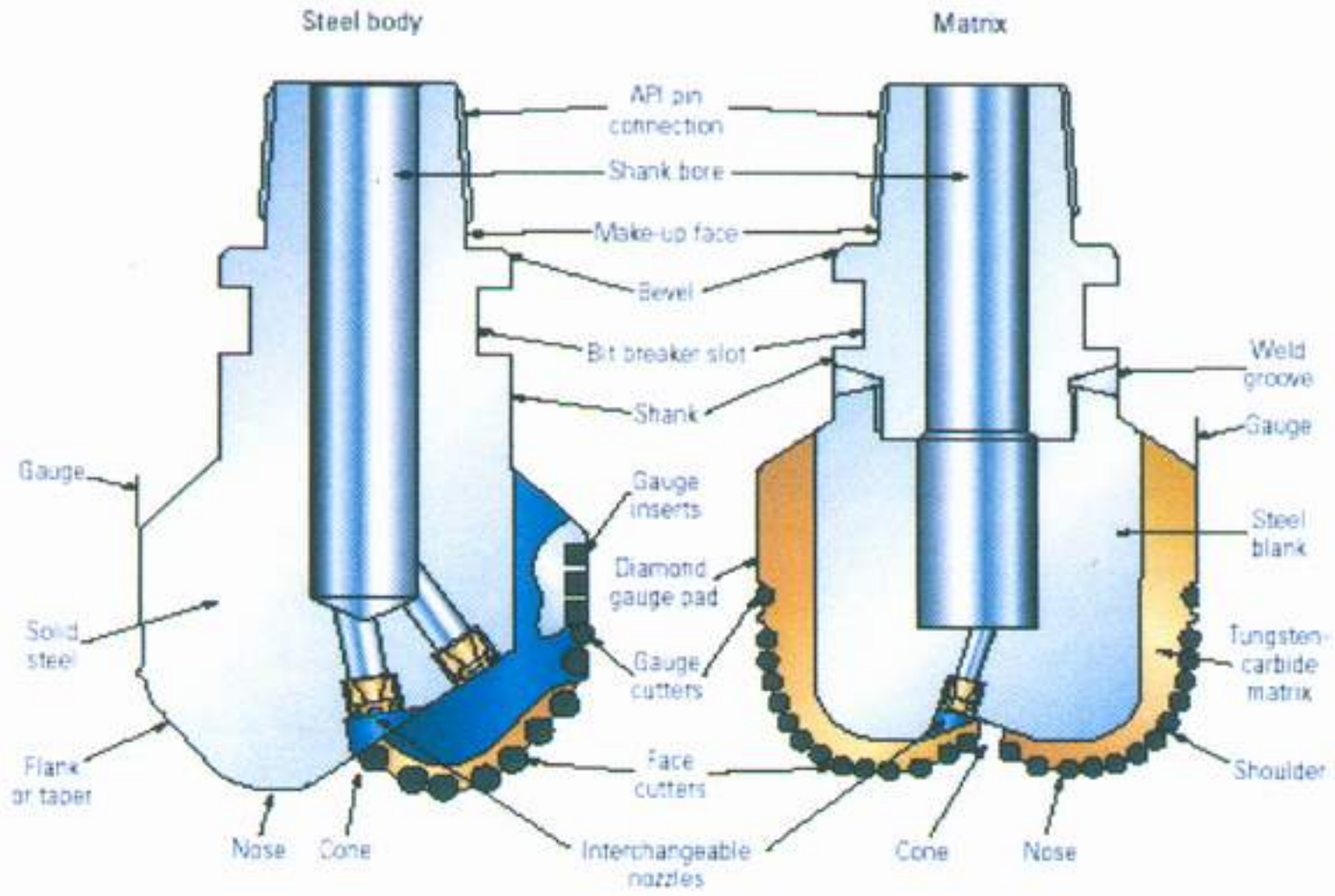
به دلیل سختی بالاتر و استحکام ضربه‌ای پایین‌تر تیغه‌های الماسه، طراحی مته‌های مجهز به این تیغه‌ها، کاملاً با طراحی مته‌های سه مخروطی متفاوت است. مته‌های الماسه از سه بخش اصلی تشکیل شده است. با طراحی تیغه‌ها، بدنه و ساقه (Shank)، تیغه‌ها بصورت ردیفی بر روی دماغه مته (Nose) وکناره‌های مته (Flank) قرار می‌گیرند.

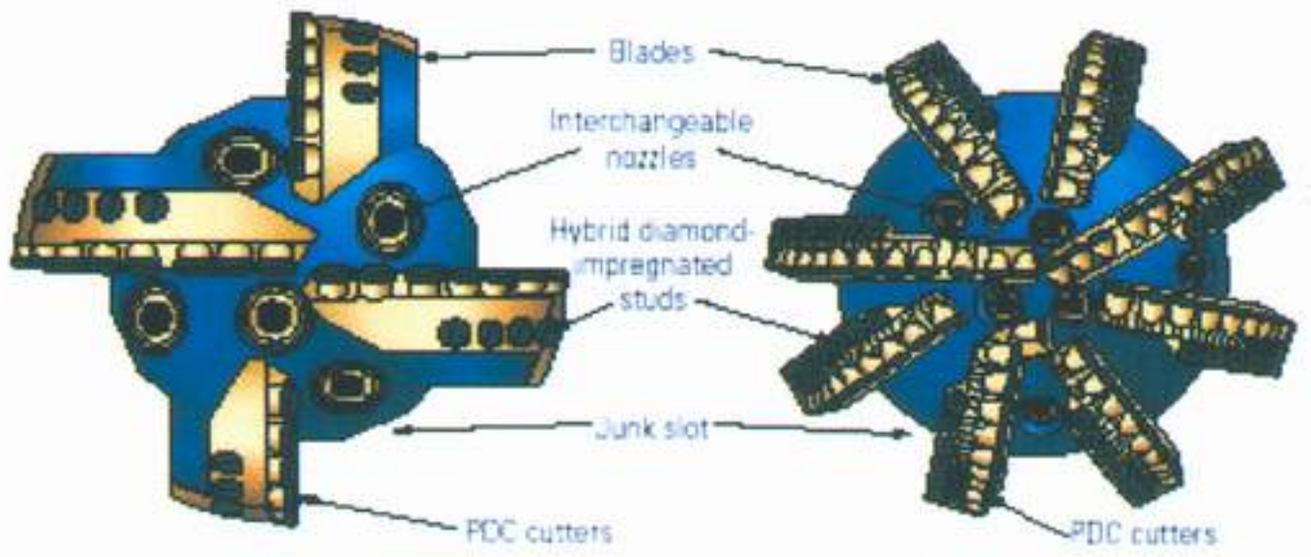
بدنه قسمت اصلی مته است که الماسهاروی آن قرارمی‌گیرند و ساقه پایه فولادی بدنه است که استحکام ساختاری لازم برای مته را فراهم کرده و رزوه‌های اتصال به لوله حفاری نیز روی آن تعبیه می‌گردد. بدنه مته از جنسی ماتریسی است که ترکیبی از پودر کاربید تنگستن و یک بایندر فلزی (معمولاً کبالت) است. بدنه ماتریسی دارای مقاومت سایشی بالاتر از فولاد است (شکل۴).

۲-۲-۲- مته‌های PDC

یکی از مهمترین پیشرفتهای سالهای اخیر تولید PDC است که پس از آن مته‌های مجهز به تیغه‌های PDC مانند مته‌های مخروطی‌چرخشی متداول گشتند. هرPDCکه درتیغه مته استفاده می‌شود از نوع مخصوصی الماس مصنوعی تشکیل شده است که به پشت بندی از کاربید تنگستن متصل شده است. اگر چه مته‌های دارای تیغه های PDC کاملاً متفاوت با مته‌های الماس طبیعی به نظر می‌رسند ولی آنها نیز جزء مته‌های تیغه ثابت محسوب می‌شوند (شکل۵). بدنه این مته‌ها می‌تواند فولادی و یا ماتریسی باشد. تولید مته‌های بدنه فولادی آسانتر است و دقت ابعادی مورد نظر بر روی بدنه آنها را بهتر می‌توان ایجاد کرد. در مقابل بدنه ماتریسی‌ها مقاومت سایشی بالاتری دارد.

شکل ۴ ـ چند نوع مته الماس طبیعی





شکل۵ ـ دو نوع مته PDC و اجزای تشکیل دهنده آن

۲-۲-۳- مته‌های TSP

TSP جدیدترین الماس مصنوعی ساخته شده برای مته‌های الماسه است. TSP نسبت به PDC پایداری حرارتی بالاتری دارد واز این نظرتقریباً همطراز الماس طبیعی است. از نظر اندازه و شکل نیز مته‌های TSP بیشتر شبیه مته‌های الماس طبیعی هستند تا مته‌های PDC. هیدرولیک مته و پروفیل مته‌هایTSP نیز شبیه مته‌های الماس طبیعی می‌باشد. به دلیل کوچکتر بودن ذرات TSP نسبت به PDC نرخ نفوذ این مته‌ها نیز کمتر از مته‌های PDC است که از این نظرنیز مشابه مته‌های الماس طبیعی هستند.

۲-۳- مته‌های کاربرد ویژه

در کنـار مته‌های مخروطـی چرخشی و مته های تیغـه ثابت، تولیدکنندگان انواع گوناگونی مته برای اهداف ویژه نیز تولید می‌کنند. بعضی از ایـن مته‌ها در ایـن قسمت بطـور مختصـر معرفی می شوند.

مته تک مخروطی:

این نوع مته‌ها در حفاری سازند های شکاف‌دار و شیب دار کاربـرد دارد زیـرا این نوع مته امکان انحراف چاه را به حداقل می‌رساند (شکل ۶).

مته دو مخروطی:

ایـن نـوع متـه‌هـا در حفـاری سـازند نـرم و سـازند شیبـدار کاربرد دارد. این مته نیز در کنترل انحراف حفاری چاه موثـر است (شکل۶).

مته مغزه‌برداری (Coring bits):

درمغزه‌برداری از تـه چاه بـه هنگام حفـاری نوعی متـه به کار می‌رود کـه مرکز یا دهانه آن باز است. مته‌هـای مغزه‌بـرداری بـه دو گـروه مته‌هـای غیرالماسـی (متـه کاربیـد تنگستـن یـا فلزات سخت دیگر) و مته‌های الماسه تقسیم می‌شوند.
نمونه‌هایی کـه با مته‌های الماسی‌حاصل می‌گردد، معمولاً از نظر طولی بلندتر از نمونه‌هایی است‌که با مته‌های غیرالماسی به دست می‌آیند (شکل۷) .

شکل۶ ـ مته های دو مخروطی و تک مخروطی

شکل ۷ ـ مته‌های مغزه‌گیری

مته های هوا (Air bits) که در آن سیال حفاری هوا یا گاز است.
مته های ضد انحراف (Antiwhirl bits) یکی از پیشرفته‌ترین انواع مته‌های حفاری می‌باشد. این مته ها برای رفع مشکل انحراف درحفاری و برای اهداف نامتعادل کاربرد دارند.
سرعت حفاری مته‌های ضدانحراف به علت اینکه انرژی تلف شده کمتری نسبت به مته‌های دیگر دارند، بیشتر است (شکل۸).
مته های نامتقارن (Eccentrics bits) با قطر بیشتر نسبت

شکل۸ ـ مته ضد انحراف

به قطر مته، چاهها را حفاری می کنند. این مته‌ها در شیلها که بعد از حفاری خاک آن متورم می‌شود و یا سازند نمکی که بعد از حفاری تغییر شکل داده و متورم می‌شود مورد استفاده قرار می گیرد.

۳ ـ فرآیند ساخت مته ها

در این بخش مراحل اصلی ساخت مخروط مته‌های دندانه فولادی، مخروط مته‌های اینزرتی، مته‌های‌الماسی، پایه‌های مته‌های سه مخروطی و در نهایت مونتاژ آنها به طور مختصر شرح داده شده و فلوچارت این فرآیندها ارائه می‌شود.

۳-۱- فرآیند ساخت مخروطهای دندانه فولادی

مراحل اصلی ساخت مخروط مته‌های دندانه فولادی در شکل ۹ نمایش داده شده است. برای ساخت مخروط مته‌های دندانه فولادی (شکل۱۰)، از فولادهای کم‌آلیاژ استفاده می‌شود این فولادها شامل آلیاژهای ۹۳۱۰، ۹۳۱۵، ۴۱۴۰ ، ۴۱۳۰ ، ۴۸۲۰ ، ۴۸۱۵ می‌باشند . برای ساخت این مخروطها ، ابتدا بدنه مخروط فورج شده ، سپس دندانه‌ها از ماشین کاری مخروط فورج شده بدست می آیند. سطوح سایشی (Bearing surface) داخل مخروط نیز ماشین کاری می‌شود. در مرحله بعد سطح دندانه‌ها تحت عملیات هارد فیسینگ (Hard facing) قرار می‌گیرد (شکل ۱۱). در این عملیات ذرات کاربید تنگستن و یا مخلوطی از آن با فلزات سخت مانند کبالت بر روی سطح قرار می‌گیرند و پس از سرد شدن، این مواد به سطح دندانه‌ها می‌چسبد و یک سطح سخت و مقاوم در برابر سایش بوجود می‌آورد. در صورت استفاده از فولادهای کربوره عملیات کربوره کردن بر روی بدنه مخروط انجام شده و سپس عملیات کوئنچ و تمپر صورت می گیرد . در صورت استفاده از فولادهای کربن متوسط عملیات کربوره‌کردن حذف می‌شود و عملیات سخت کاری القائی بر روی سطح سایشی داخل مخروط انجام می‌شود ، این کار اصولاً بعد از کوئنچ و تمپر انجام می‌شود . مرحله آخر پرداخت‌کاری نهایی (Grinding) سطوح سایشی برای رسیدن به دقت ابعادی بالا می‌باشد.

فولاد کم آلیاژ

↓

فورجینگ

↓

ماشین کاری دندانه ها و سطوح سایشی

↓

عملیات هاردفیسینگ سطح دندانه ها

↓

کربوراسیون

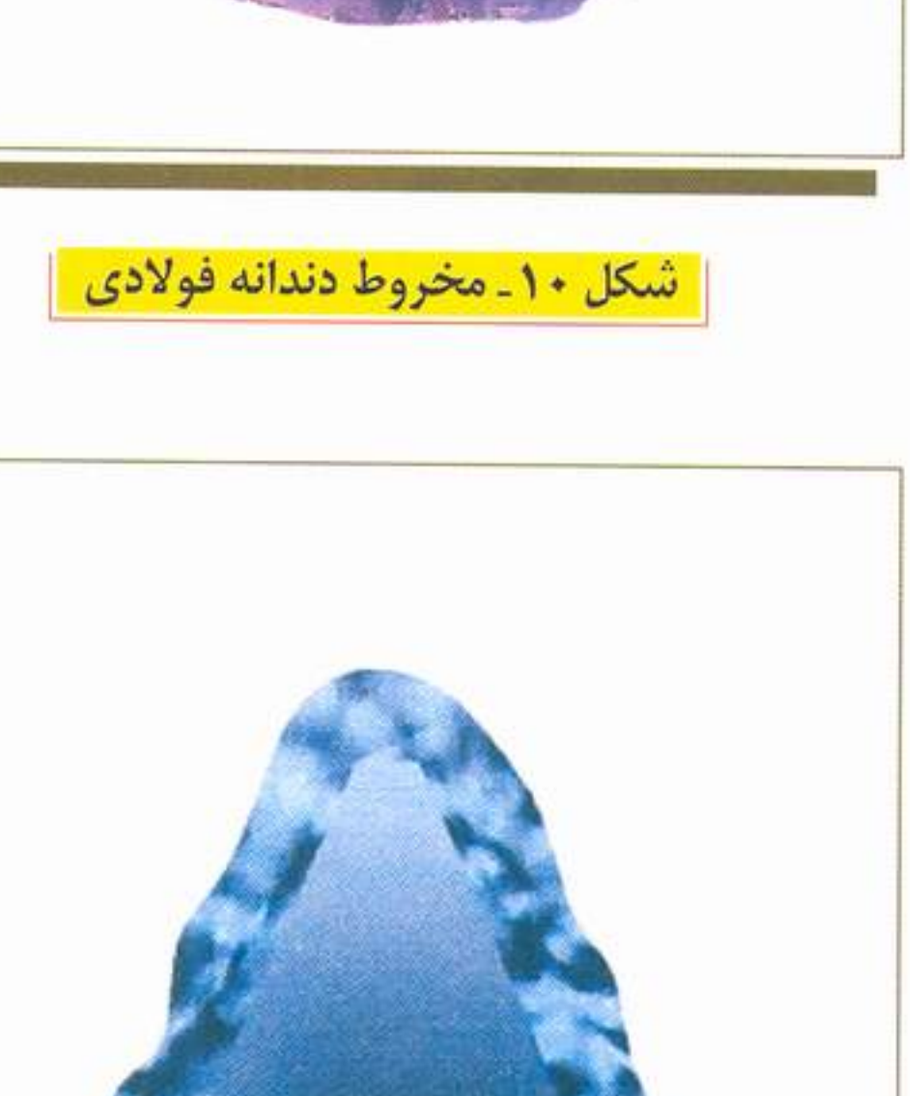
↓

کوئنچ و تمپر

↓

پرداخت نهایی سطوح سایشی

شکل ۹ ـ مراحل اصلی ساخت مخروط مته های دندانه فولادی



شکل ۱۰ ـ مخروط دندانه فولادی

شکل ۱۱ ـ هاردفیسینگ دندانه ها

۳-۲- فرآیند ساخت مخروط مته اینزرتی

مراحل اصلی ساخت مته‌های اینزرتی کاربید تنگستن در شکل ۱۲ نمایش داده شده است. انواع فولادهای مورد استفاده برای ساخت بدنه این مخروط، مشابه فولادهای مورد استفاده در ساخت مخروط‌های دندانه فولادی است (شکل ۱۳). بدنه مخروط توسط عملیات آهنگری یا فورجینگ شکل می گیرد. سپس سطوح داخلی مخروط بوسیله ماشین کاری بوجود می‌آید و سطح بیرونی مخروط ماشین کاری می‌شود. بعد از ماشین کاری اولیه عملیات کربوره کردن و بلافاصله کوئنچ و تمپر انجام می گیرد. درمرحله بعد سوراخ اینزرتها در سطح خارجی مخروط ایجاد می‌شود (شکل ۱۴) .

سوراخهای ایجاد شده دارای تلرانس دقیق بوده و از اینزرتی که قرار است داخل آنها قرار داده شود اندکی کوچکتر است . سطح اینزرتهای کاربید تنگستن معمولاً با یک لایه از آلیاژهای نیکل پوشش داده می‌شود .

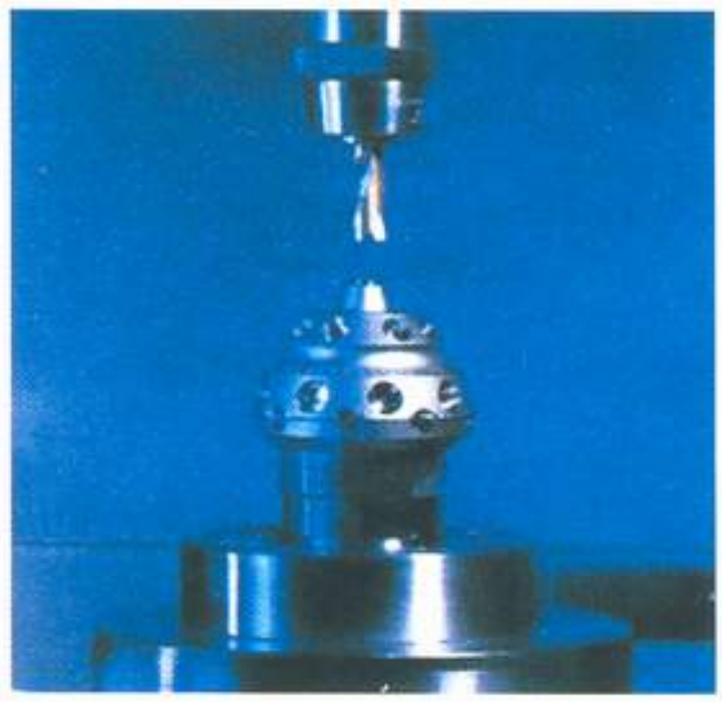
این اینزرتها به داخل سوراخهای ایجاد شده درسطح مخروط پرس می‌شود . در انتها سطوح سایشی داخلی مخروط پرداخت کاری می‌شود .

شکل ۱۲ ـ مراحل اصلی ساخت مخروط مته های اینزرتی

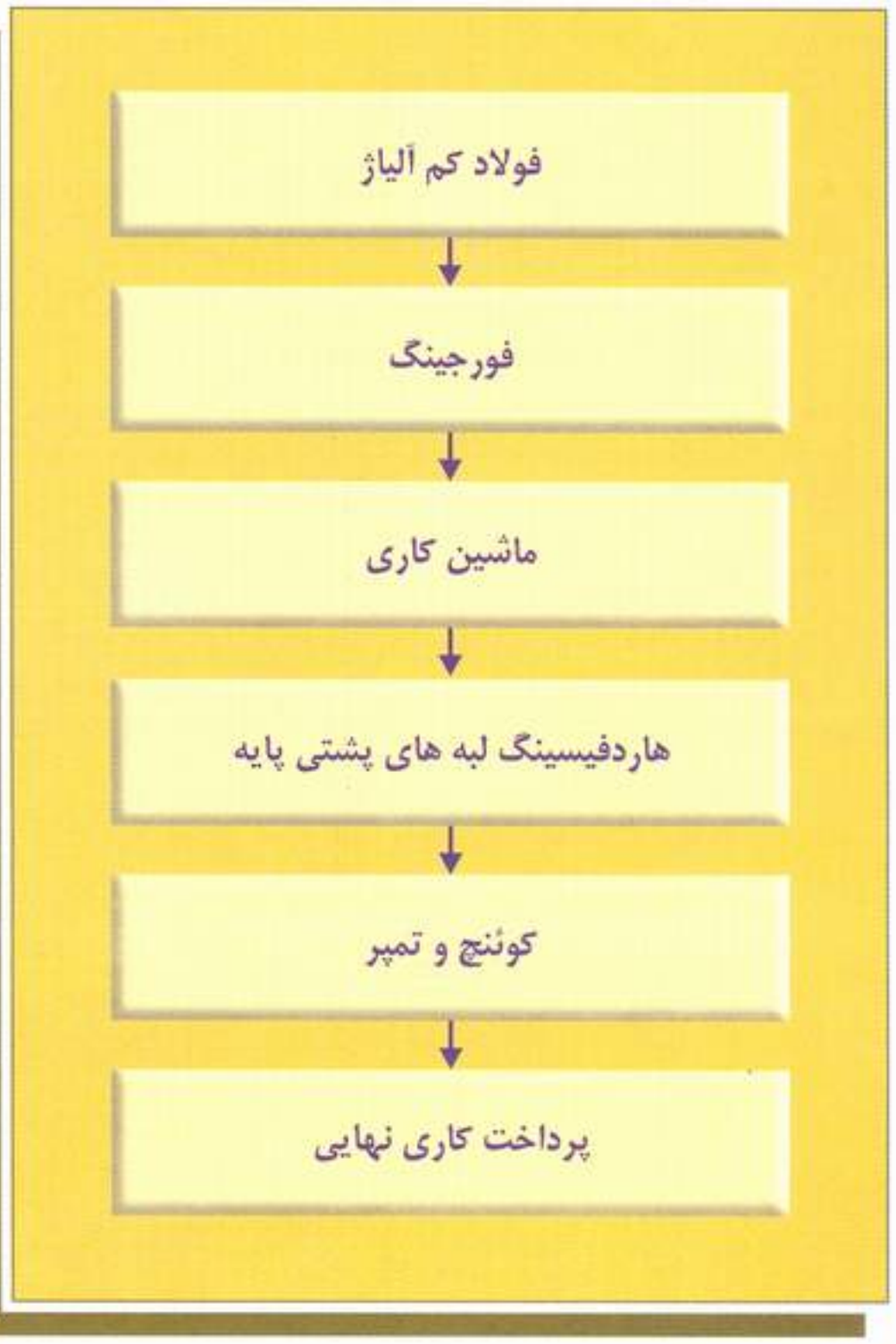
۳-۳- فرآیند ساخت پایه مته‌های مخروطی

مراحل اصلی ساخت پایه(Leg) مته‌های سه مخروط در شکل ۱۵ نمایش داده شده است. روش ساخت پایه مته (شکل ۱۶)

شکل ۱۳ ـ مخروط اینزرتی کاربید تنگستن



شکل۱۴ـ ایجاد سورخهای اینزرت



شکل ۱۵ـ مراحل اصلی ساخت پایه مته های سه مخروطی

تقریباً برای هر دو نوع مته مخروطی چرخشی دندانه فولادی و اینزرتی یکسان می‌باشد. پایه مته در ابتدا از یک بلنک اولیه از جنس فولادهای کم آلیاژ فورج می‌شود. سپس قطعه فورج شده ماشینکاری می‌شود. برای ماشینکاری این قطعه معمولاً از ماشین تراش CNC سه محوره برای فرآیند خشن کاری و از دستگاه ماشین تراش CNC پنج یا شش محوره برای انجام مراحل ماشینکاری نهایی استفاده می‌شود. طراحی و ساخت فیکسچر مناسب برای رسیدن به دقت ابعادی مطلوب در ماشین کاری پایه ضروری می‌باشد. سپس قسمتهای مختلف مته شامل محل نشستن یاتاقانها، سوراخ مخزن روغن، سوراخ نازل، سوراخ طویل روغنکاری، پروفیل شرت تیل، سوراخ پیلوت، سطوح تخت روی قسمت ژورنال، سوراخهای روغنکاری ژورنال و محل قرار گرفتن بلبرینگها ماشینکاری می‌شود. سپس فیکسچر از دستگاه ماشین تراش خارج شده و بعد عملیات هاردفیسینگ روی شرت تیل (Shirttail) مته انجام شده (شکل۱۷) و پایه عملیات حرارتی می شود . بعد از عملیات حرارتی، پایه مته دوباره روی فیکسچرسوار می‌شود و فیکسچر دردستگاه تراش قرارمی گیرد و عملیات ماشینکاری نهایی روی قسمتهای ژورنال ، سطوح‌تخت روی پایه و سایر قسمتهای مهم انجام می‌شود.

شکل۱۶ـ قسمتی از پایه مته

۳-۴- فرآیند مونتاژ نهایی مته‌های چرخشی سه مخروطی

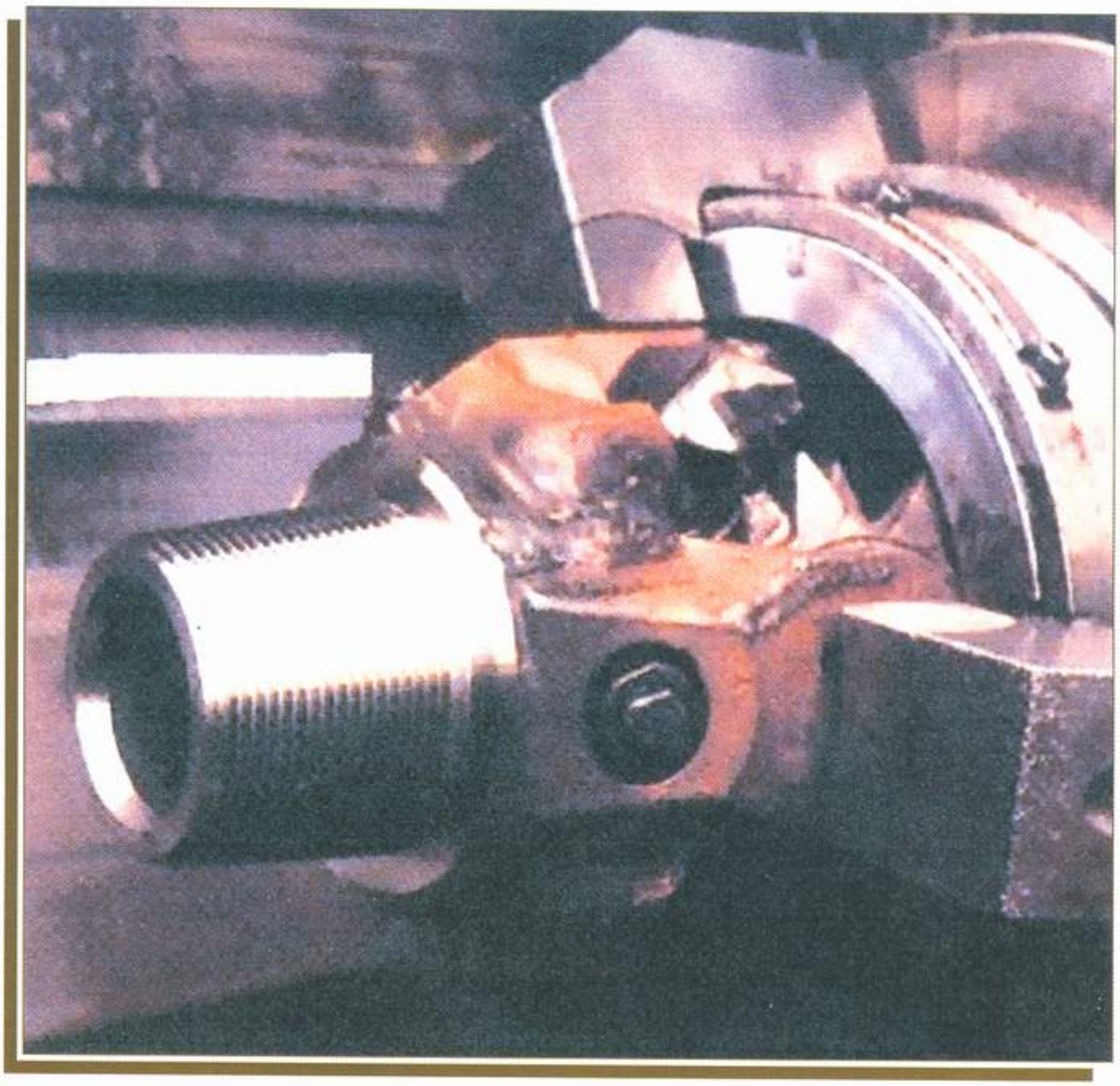
مراحل اصلی مونتاژ مته‌های سه مخروطی در شکل ۱۸ نمایش داده شده است . در فرآیند مونتاژ ابتدا ، بوشهای آبکاری نقره شده و بلبرینگها ، روی هر پایه مته سوار شده و بعد مخروط فولادی بر روی پایه مته مونتاژ می‌شود. سپس پایه‌ها بر روی یک فیکسچر مناسب محکم شده و عملیات جوشکاری پایه‌ها به یکدیگرانجام می‌شود.
کنترلهای دقیقی باید در مرحله جوشکاری صورت بگیرد تا کیفیت لازم را ایجاد کند.
جوشهای داده شده با اعمال فشار هوا وکنترل نشتی، کنترل کیفی می‌شود. بعد از مرحله جوشکاری در پایین مته به منظور اتصال به لوله حفاری رزوه ایجاد می شود (شکل۱۹).
ایجاد خلاء در محفظه یاتاقانها و وارد کردن گریس به آنها در پایان مرحله مونتاژ انجام می‌شود . سپس مته حاصله رنگ زده شده و بسته بندی می‌شود.

شکل۱۸- مراحل اصلی مونتاژ
مته های سه مخروطی

شکل ۱۷ ـ هاردفیسینگ منطقه شرت تیل پایه ها

۳-۵- فرآیند ساخت مته‌های PDC

مراحل اصلی فرآیند ساخت مته‌های PDC بدنه ماتریسی در شکل ۲۰ نمایش داده شده است. مته‌های PDC دارای دو نوع بدنه فولادی و بدنه ماتریسی می‌باشند. در نوع بدنه فولادی، بدنه بطور یکپارچه با ماشین کاری توسط ماشین‌های CNC ساخته می‌شود. ساخت مته‌های بدنه فولادی بصورت یکپارچه دارای این مزیت است که جوشکاری را حذف می کند و جزئیات طراحی می‌توانند به تلرانسهای دقیق ماشینکاری



شکل ۱۹ـ ایجاد رزوه API

ختم شوند. تیغه ها درسوراخهای با قطر کوچکتر که بطور دقیق بوسیله دستگاههای CNC ایجاد شده‌اند جا زده می‌شوند. علاوه بر این سوراخها جزئیات دیگر مته مثل سوراخ اصلی،پره ها (Blade)، آب راهها (Water way)، پاکتهای (Pocket) PDC و اینزرتهای گیج (gauge) سوراخهای نازل و رزوه‌ها بوسیله دستگاه CNC ایجاد می‌شوند . از آنجا که فولاد نرم‌تر از کاربید تنگستن است؛ نقاط بحرانی مته با مواد سخت پوشش داده می شود.

تیغه ها برای هر دو نوع بدنه فولادی و ماتریس شامل یک لایه پیوسته از ذرات‌الماس مصنوعی است که به یک زمینه ضخیم‌تر کاربید تنگستن متصل شده است.

بدنه ماتریس از فرآیند متالورژی پودر بدست می‌آید ابتدا ذرات کاربید تنگستن و یک ماده اتصال‌دهنده، معمولاً کبالت در داخل قالب که در پایین آن پایه فولادی ماتریس

شکل ۲۰ ـ مراحل اصلی فرآیند ساخت مته های PDC بدنه ماتریسی

قرار دارد ، فشرده می‌شوند تا ماتریس مته شکل بگیرد. در این حالت ذرات کاربید به یکدیگر متصل شده و با تشکیل یک باند، پایه فولادی قرار داده شده درداخل قالب را به تاج ماتریسی مته متصل می کنند. این مجموعه سپس مورد عملیات زینترینگ قرار می گیرد. درفرآیند زینترینگ بعد از پرس سرد به منظور اتصال پودرها، قطعه حاصله تحت یک سیکل عملیات حرارتی در دمایی که در آن هم‌جوشی بین ذرات با حداقل نقطه ذوب روی می‌دهد، قرار می گیرد. بعد از این عملیات حرارتی معمولاً یک مرحله پرس داغ نیز انجام می‌شود . در این فرآیند هیچگونه فاز مذابی بوجود نمی‌آید. شکل‌دهی بدنه ماتریسی توسط فرآیندی موسوم به اینفیلتریشن (Infiltration) نیز می‌تواند صورت گیرد.

دراین روش پودر کاربید تنگستن در داخل‌قالب ریخته شده و ماده اتصال‌دهنده با ایجاد خلا به داخل قالب مکیده می‌شود. کاترها طی فرآیند لحیم‌کاری در داخل حفرات موجود روی ماتریس محکم می‌شوند و سپس تیغه‌های الماس در یک دستگاه سنگ ویژه پرداخت می‌شوند. ماتریس حاصله سپس به پایه مته که ماشینکاری و عملیات حرارتی شده جوشکاری می‌شود ، فولاد مورد استفاده در پایه مته از نوع کم‌آلیاژ و کربن متوسط است. سپس گرده جوش بطور کامل برداشته می شودو قسمت پایینی مته به منظوراتصال به لوله حفاری رزوه می‌شود. سپس مته کاملاً رنگ‌آمیزی و بسته‌بندی می‌شود.

۴ ـ شرکت های سازنده مته های چرخشی

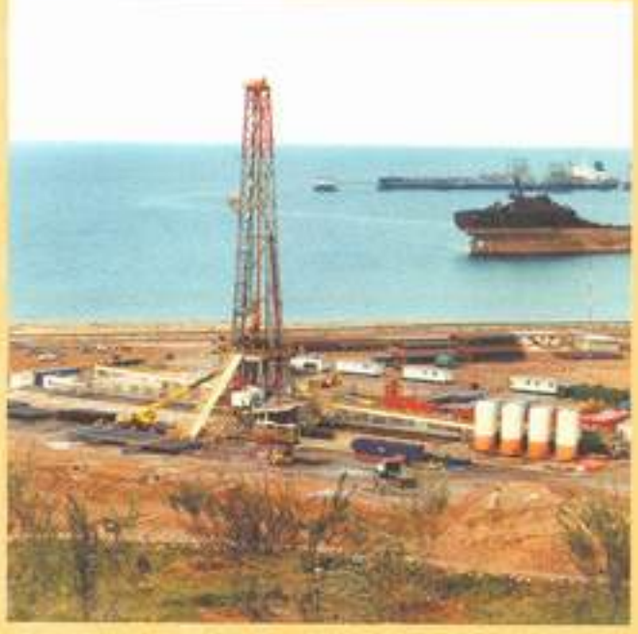
فهرستی از شرکت های عمده سازنده مته های حفاری به همراه نوع محصولات و مشخصات تماس آنها در جدول زیر جمع آوری شده است.

شرکت های سازنده مته	تیغه ثابت		مخروطی چرخشی		مشخصات تماس
	تیغه PDC	تیغه الماس طبیعی	اینزرتی کاربید تنگستن	دندانه فولادی	
SECURITY DBS	✻	✻	✻	✻	Tel: +971 4 8836685 Fax: +971 4 8837830 URL: http://www.securitydbs.com DISTRICT MANAGER : S. MANCINI
HUGHES CHRISTENSEN	✻	✻	✻	✻	Tel: +9714837125 Fax: +9714836487 URL:http://www.HCCbits.com DISTRICT MANAGER : RIAZ UR REHMAN
SMITH BITS	✻	✻	✻	✻	Tel: +97143321381 Fax: +97143322975 URL:http://www.smithbits.com DISTRICT MANAGER : SUAT CELIK
REED HYCALOG	✻	✻	✻	✻	Tel: + 44 1453853063 Fax: + 44 1453791628 URL:www.reedhycalog.com
RBI/ GEARHART	✻	✻	✻	✻	Tel: 817 293 7555 Fax: 817 551 0823 URL:http://www.rbi-gearhart.com
KING DREAM	✻	✻	✻	✻	Tel: + 9821 2587391 Fax: + 9821 2587315 URL: http://www.jpgc.com RIGIONAL OFFICE: CPTDC
VAREL	✻	✻	✻	✻	Tel: + 971 433535525 Fax: + 971 43353532 URL:http://www.varelrockbits.com DISTRICT MANAGER : L. SOLETTA
DPI	✻	✻	—	—	Tel: + 1 281 774 9400 Fax: + 1 281 774 9412/3 UTL:http://www.dpi-bits.com
SANDVIK	—	—	✻	✻	Tel: 004626262000 Fax: 004626262300 URL: http://www.rocktools.sandvik.com
VULGA BURMASH	✻	✻	✻	✻	Tel: +78462 306729,309128 Fax: +78462 303106 URL: http://www.vbm.samara.com MIDDLE EAST MANAGER: A.M.NAZAROV

شرکت های سازنده مته	تیغه ثابت				مشخصات تماس
	تیغه PDC	تیغه الماس طبیعی	اینزرتی کاربید تنگستن	دندانه فولادی	
NEW TECH ROCK BIT	✻	✻	—	—	URL: http://www.ntrockbit.com
BBL	✻	✻	—	—	Tel: + 441224248929 Fax: + 441224380291 URL: http://www.bbl.co.uk
BIT BROKERS INTERNATIONAL	✻	✻	✻	✻	Tel: +1 800 441 5451,+1 618 435 5811 Fax: +1 618 435 2388 URL: http://www.bitbrokers.com
BIT TECH	✻	✻	—	—	Tel: +1 903 687 3822 Fax: +1 903 687 2247 URL: http://www.bit-tech.com
GEOGEM	✻	✻	—	—	Tel: 0174 581 5315 Fax: 0174 581 5495 URL: http://www.geogem.com
TIX	—	—	✻	✻	Tel: + 81 3349 57961 Fax: + 81 3349 57960 URL: http://www.tix.co.jp
DDS	✻	✻	—	—	Tel: + 32 71 287647 Fax: + 32 71 287696 URL: http://www.diamantds.com

Manufacturing Support & Procurement (MSP) Kala Naft Co. Tehran

N.I.O.C



An Introduction to Drilling Bits

Directorate of Manufacturing Support for Mechanical, Electrical & Instrumentation

IN THE NAME OF GOD

N.I.O.C

Manufacturing Support &
Procurement (MSP)
Tehran KALA NAFT Company

AN INTRODUCTION TO DRILLING BITS

1- INTRODUCTION	5
2- ROTARY DRILLING BITS	6
2.1- ROLLER CONE BITS	6
2.1.1- STEEL TOOTH BITS	6
2.1.2- TUNGSTEN CARBIDE INSERT BITS	8
2.2- FIXED CUTTER BITS	8
2.2.1- NATURAL DIAMOND BITS	8
2.2.2- PDC DIAMOND BITS	9
2.2.3- TSP BITS	10
2.3- SPECIAL-PURPOSE BITS	11
3- MANUFACTURING OF DRILLING BITS	12
3.1- MANUFACTURING OF STEEL TOOTH CONES	12
3.2- MANUFACTURING OF INSERT CONES	14
3.3-MANUFACTURING OF LEGS	14
3.4- ASSEMBLING OF ROLLER CONE BITS	16
3.5- MANUFACTURING OF PDC BITS	17
4- BIT MANUFACTURERS	19

1. INTRODUCTION

Drilling means rock penetration. Drilling has wide application in different engineering fields. Nowadays most of oil well drillings operations are performed by rotary drilling. Drilling bits are connected to the bottom point of drilling strings (figure 1). Bit transfers coming energy from strings to rocks for going through them. It is obvious that the applied energy must be high enough to break the rocks and bit material should be properly selected to tolerate high temperature and pressure of the hole.

Drilling bits are designed according to their applications and following three principles:

1. Bits which make rocks to crush and chop. This type of bits is used for soft formation such as sticky clays, shales, and abrasive rocks.
2. Bits which penetrate rocks by using tangential force and shearing action. This type of bits is used for medium hard to hard and abrasive rocks.
3. Bits which penetrate rocks by cutting-abrasive action. These bits are used for medium hard to hard formation and plastic rocks.

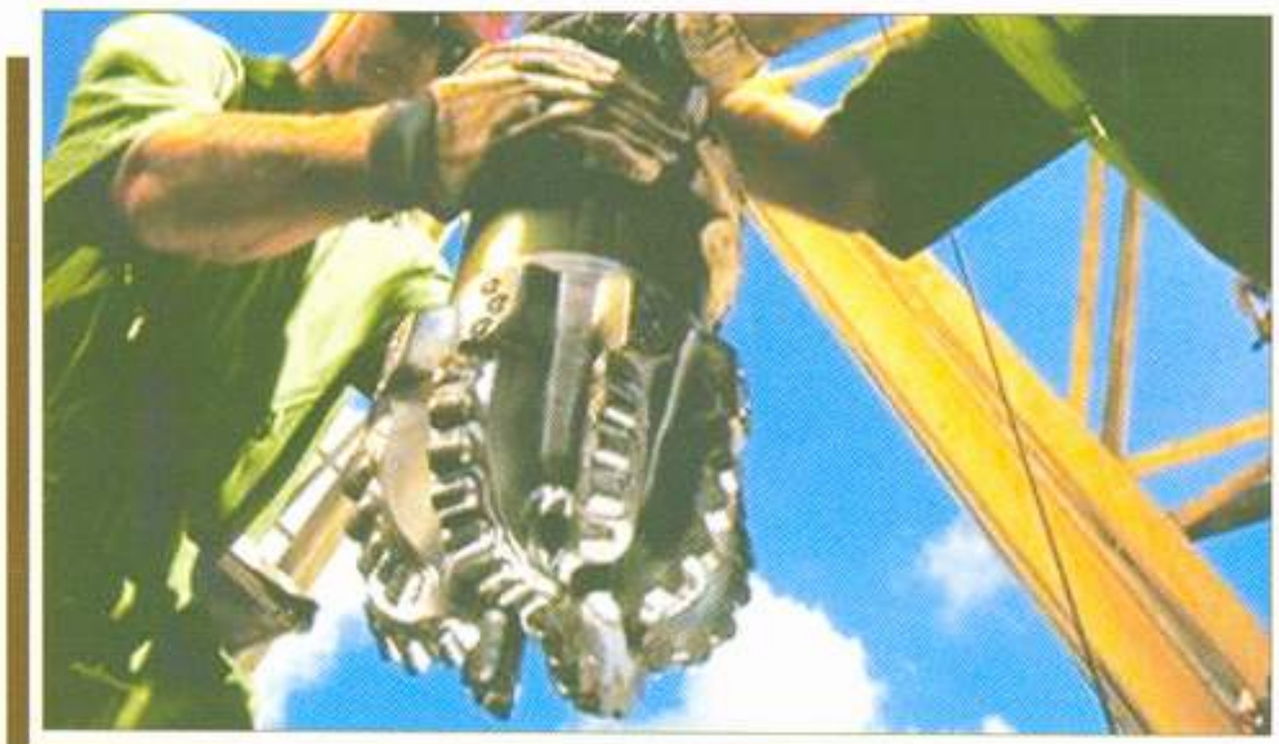


Fig 1. Drilling bit mounted on drilling string

2. ROTARY DRILLING BITS

Rotary drilling is an advanced method in drilling oil wells. Steel, diamond and tungsten are used as bit material in this method to penetrate rock. In a rotary rig, bit and drilling pipe rotate simultaneously and apply a combination of rotary force and thrust on rocks. This energy comes from rotary table to kelly then to pipe and bit. The applied stress on rock is tangential. The drilling rate in this method is depended mostly on bit type, type of rock, the amount of rotary and thrust energy. Bit selection depends on type of rock. In addition, financial considerations are of prime importance.

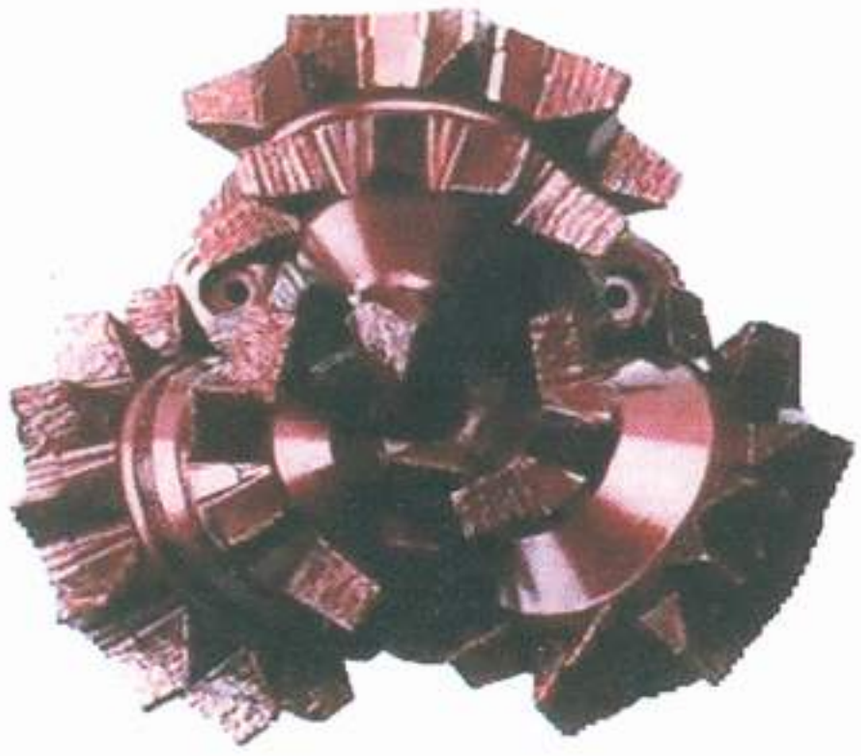
2.1. Roller Cone Bits

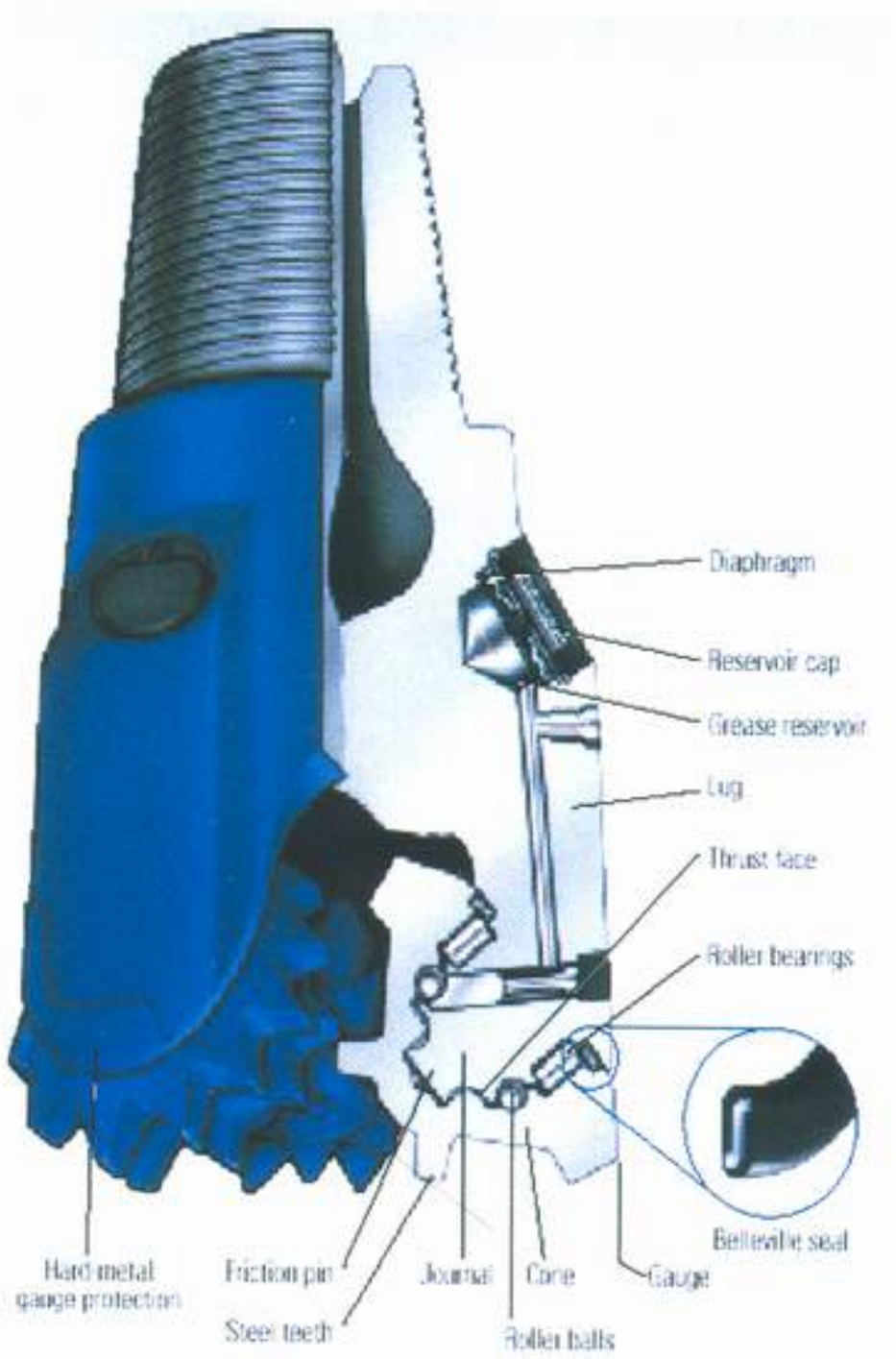
This type of drilling bit is the most common bits and covers wide applications in rotary drilling. They consist of three cones with rows to cutting on the surface. Each cone rotates on its own axis and together all the cones rotate as the drilling string rotates.

The cutters of the cones intermesh with each other like gears- that is, one cone's cutters fit into the spaces between another cone's cutters. This intermesh allows the cutters on one cone to clean out any rock or clay that may stick to the cutters on another cone. Keeping the cutter clean helps them drill efficiently. Each cone rotates on bearings that drilling fluid or special grease sealed inside the cone lubricates. Today two general types of roller cone bits are available: steel tooth bits and tungsten carbide insert bits.

2.1.1. Steel Tooth Bits

This bit is used for soft to medium hard formation and its tooth's size varies with formation and type of rock. Their teeth either can be milled or cut out of cone body or directly forged from the cone. Steel-tooth bits have long or short teeth depending on the hardness of formation they will drill (figure 2).





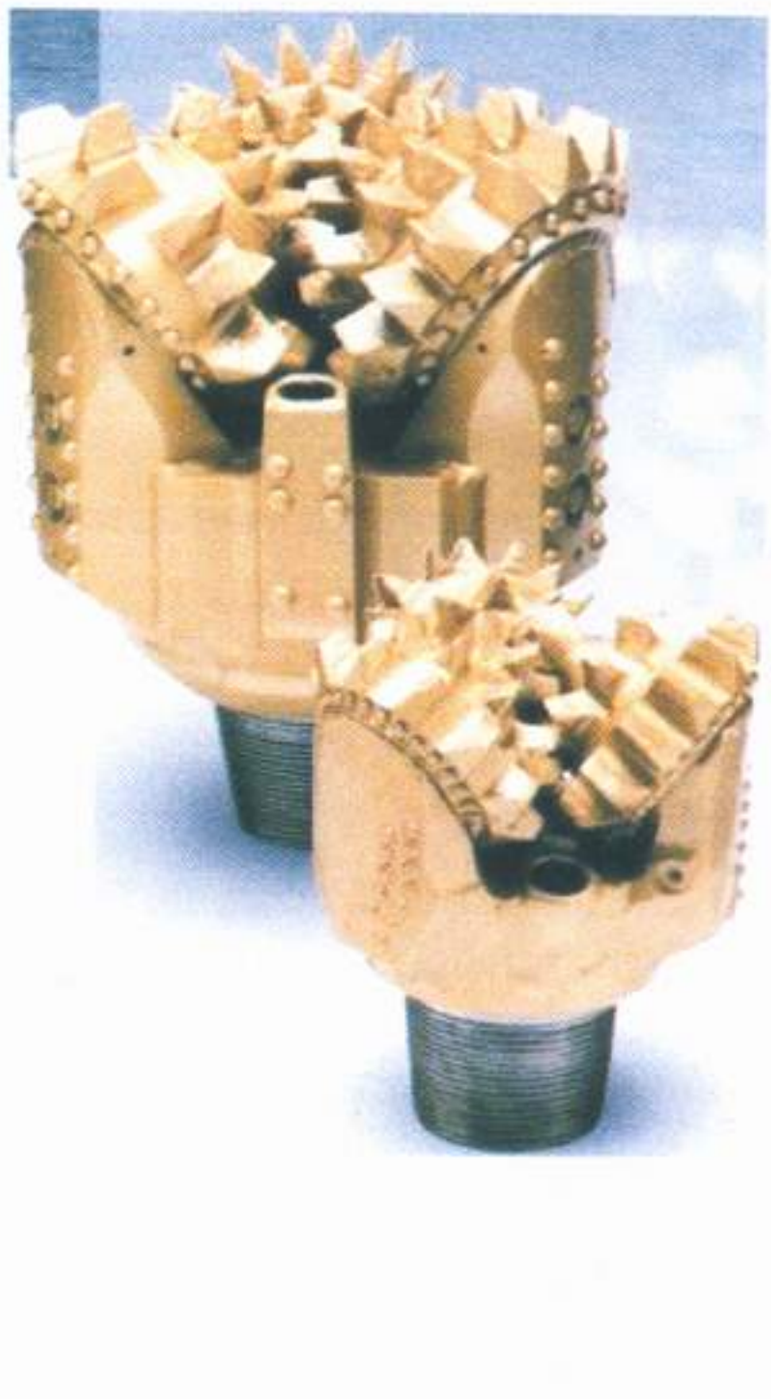


Fig 2. Steel tooth bits

2.1.2. Tungsten Carbide Insert Bits

This type of bits is suitable for medium hard to hard formation; the inserts are pressed into holes drilled in the cone. These inserts are small solid cylinders that have rounded or softly sharpened ends (figure3).

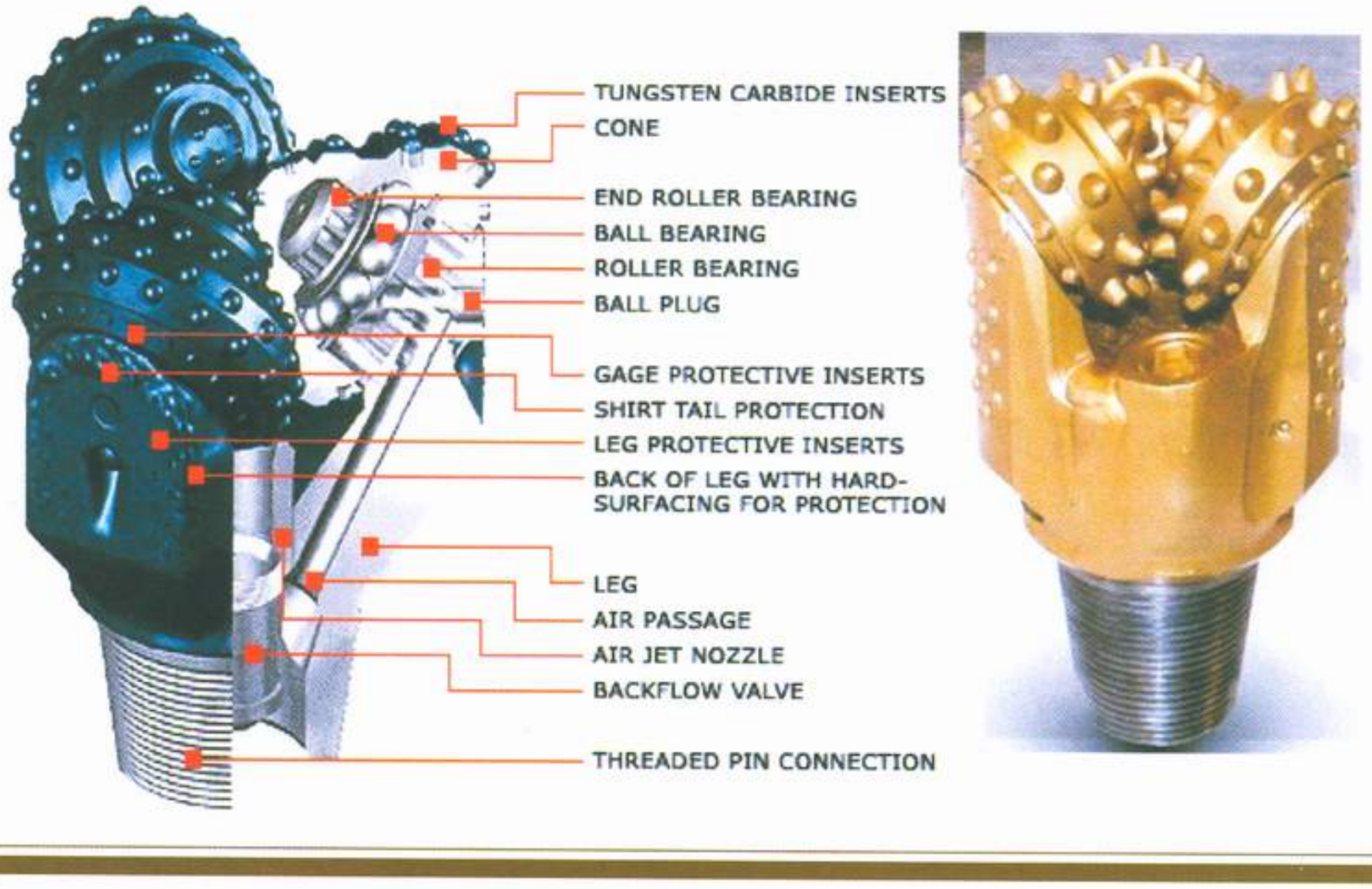


Fig 3. Tungsten carbide bits and its Components.

2.2. Fixed Cutter Bits

This family of bits is also known as Diamond Bits. Instead of having three independently moving cones, a diamond bit has a stationary (fixed) head that rotates as one piece with the drill string.

In designing of fixed-cutter bits, number and shape of cutters, their size and positioning and also material of bit are of prime importance. Diamonds are placed inside a matrix of tungsten carbide or steel. There are two types of artificial diamond, TSP and PDC. Manufactures are using PDC, TSP and natrual diamond or combination of these for bit production.

2.2.1- Natrual Diamond Bits

The design of this kind of bits is completely different from roller cone bit, because of its high toughness and low impact resistance (figured 4). This group of drilling bits is also known as diamond bits. Instead of having three independently moving cones, a diamond bit has a stationary (a fixed) head that rotates as one piece with the drill string.

Diamond bits have three basic parts: Cutter, body and shank. The cutters are the diamonds arranged in rows on the nose and the side (flank) of the bit. Body is the main section and holds the diamonds.

Fig 4. Natural diamond bits

The shank is a steel base for the body that gives structural strength and provides a place for the threads for connecting the bit to drill string. The body of the bit is made of matrix or steel. Matrix is a mixture of tungsten carbide powder and bonding metal. Matrix wears better than steel because it's harder.

2.2.2. PDC Diamond Bits

The polycrystalline diamond compact, or PDC, is one of the most important advances in recent years. Since their first production in 1976, bits using PDC cutter have become as common as roller cone bits. Each polycrystalline diamond compact, which is the cutter, is a special type of synthetic diamond bonded to tungsten carbide.

Although bits with PDC cutters look different from natural diamond bits, they are still fixed-head bits. The body of the bits can be either steel or matrix (figure5). A steel body is easier to manufacture to exact dimensions and is less brittle than matrix. Matrix, however, wears better than steel because it is harder.

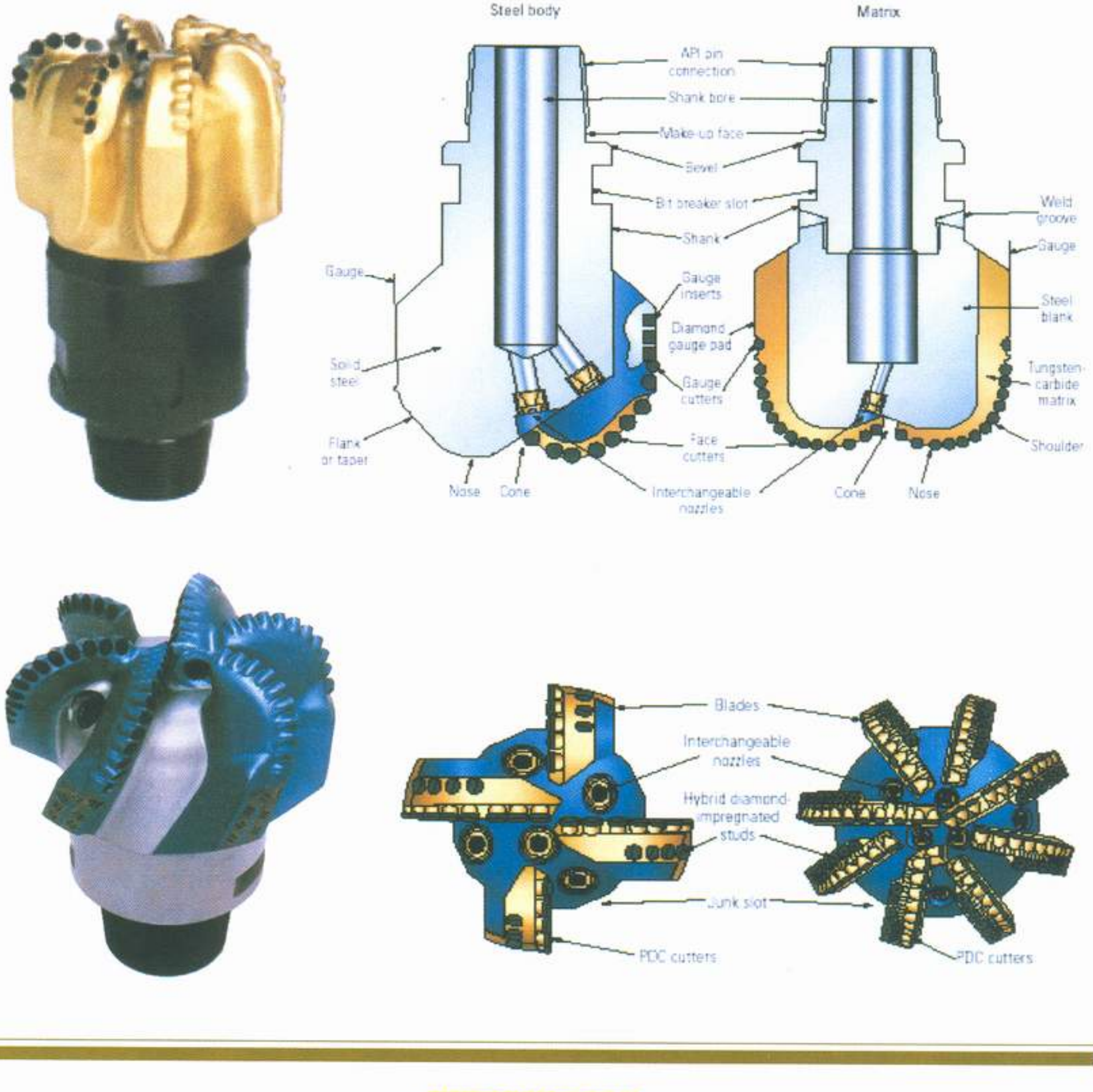


Fig 5.PDC bits

2.2.3. TSP Bits

The newest synthetic diamond for bit is the thermally stable polycrystalline diamond, or TSP. A TSP is more stable at higher temperature than a PDC (almost as stable as natural stones).

The bit can have the same profiles and hydraulic system as a natural diamond bit. The TSP bit has a slower rate of penetration than PDC because of its small cutter size.

2.3. Special-purpose Bits

Besides ordinary roller cone and fixed-head bits, manufactureres produce many bits that have features that suit them for a particular purpose.

- The one-cone bit is designed for deviation control in vertical borehole or cleft formation and declivitous formation (figure6).

- The two-cone bit is used for directional drilling (drilling a slant hole) in soft formation (figure6).

- Core bits are shaped like a ring. The ring drills the formation on both its inside and outside circumference, so it has two gauge surface. The center hole surrounds a solid cylinder of rock, (the core) that the driller recovers later (figure7).

Fig 6. One-cone and two-cone bits

Fig 7. Coring bits

- Air bits circulate air or gas as the drilling fluid. They have screens over the bearing to protect them from clogging with cutting.

- Anti whirl bits are the latest advance in fixed-head bits(figure8). One solution to whirling is to purposely unbalance the bit so that its center of rotation moves to a low-friction gauge pad. Anti whirl bits make hole faster, because they are not wasting energy drilling an over gauge hole.

- Eccentric bits drill the hole slightly over gauge. Drillers use them in shales that can swell after being drilling or in salt formation that deform and swell after drilling.

3-MANUFACTURING OF DRILLING BITS

Main manufacturing steps involved in production of cone and leg for roller cone bits, roller cone bits final assembling and manufacturing of PDC bits are briefly covered in this chapter. A schematic flowchart is also presented for each item.

3.1. Manufacturing of Steel Tooth Cones

Main manufacturing steps of steel tooth cones are shown in fig 9 Cones are made of low alloy steel alloys such as AISI 9310, 9315, 4140, 4130, 4820, 4815. Primary cone is formed by forgings then the teeth are milled out of it (figure10). Bearing surfaces inside the cone are then machined and teeth surface are hard faced with a mixture of tungsten carbide and hard metal powders (like cobalt). This process produces a hard wear resistance layer on the surface of the teeth (figure11).

If carburizing grade steel is used the next step would be carburizing of cone body followed by quenching and tempering treatment.
In case of medium carbon low alloy steel carburizing is eliminated and bearing surface inside the cone is selectively hardened by induction heating after quench and temper. The last manufacturing step is grinding bearing surface areas to reach exact dimension tolerances and surface.

Fig 8. Anti whirl bits

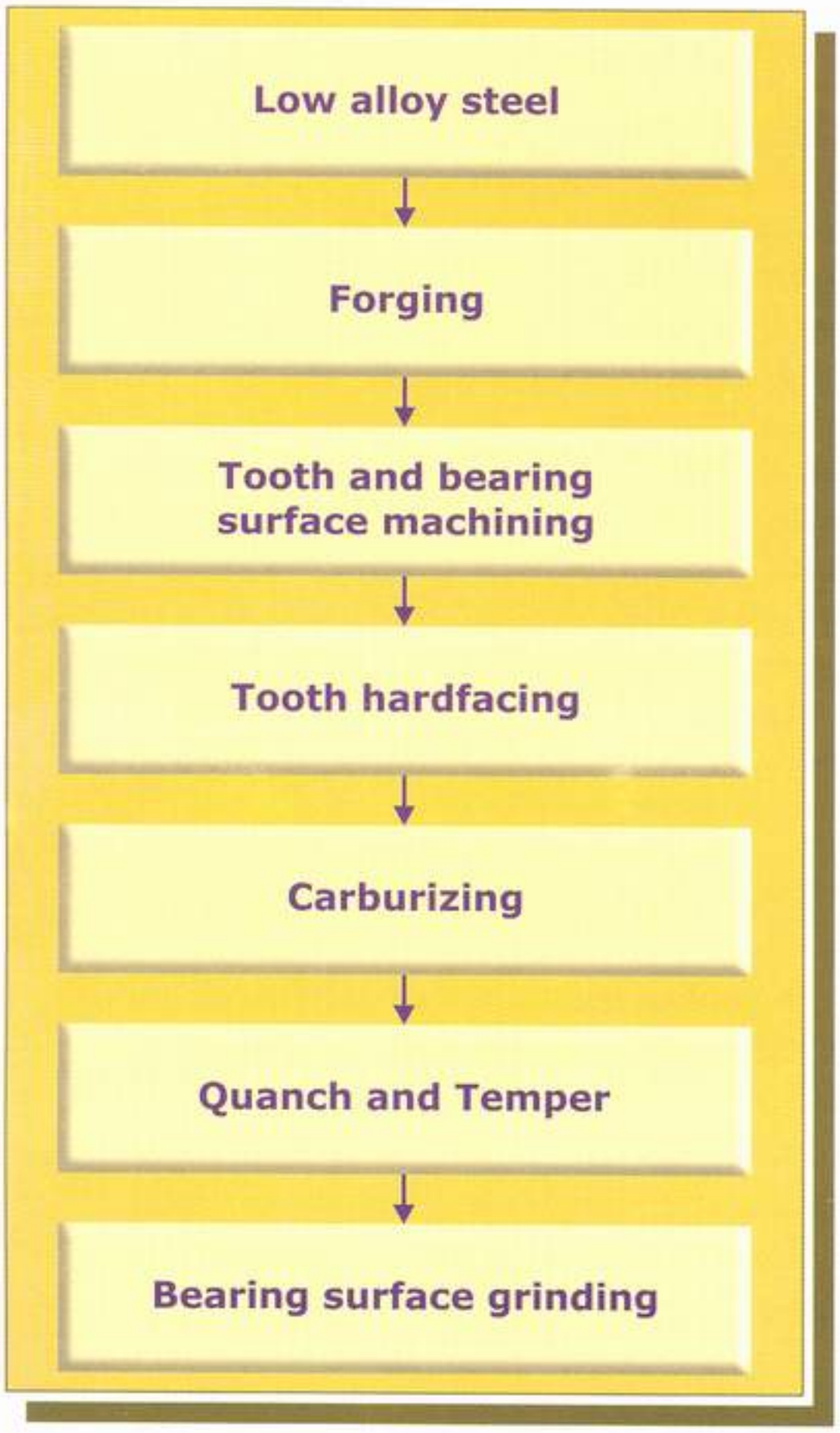


fig 9 Manufacturing steps of steel tooth cones

Fig 10. A steel tooth cone

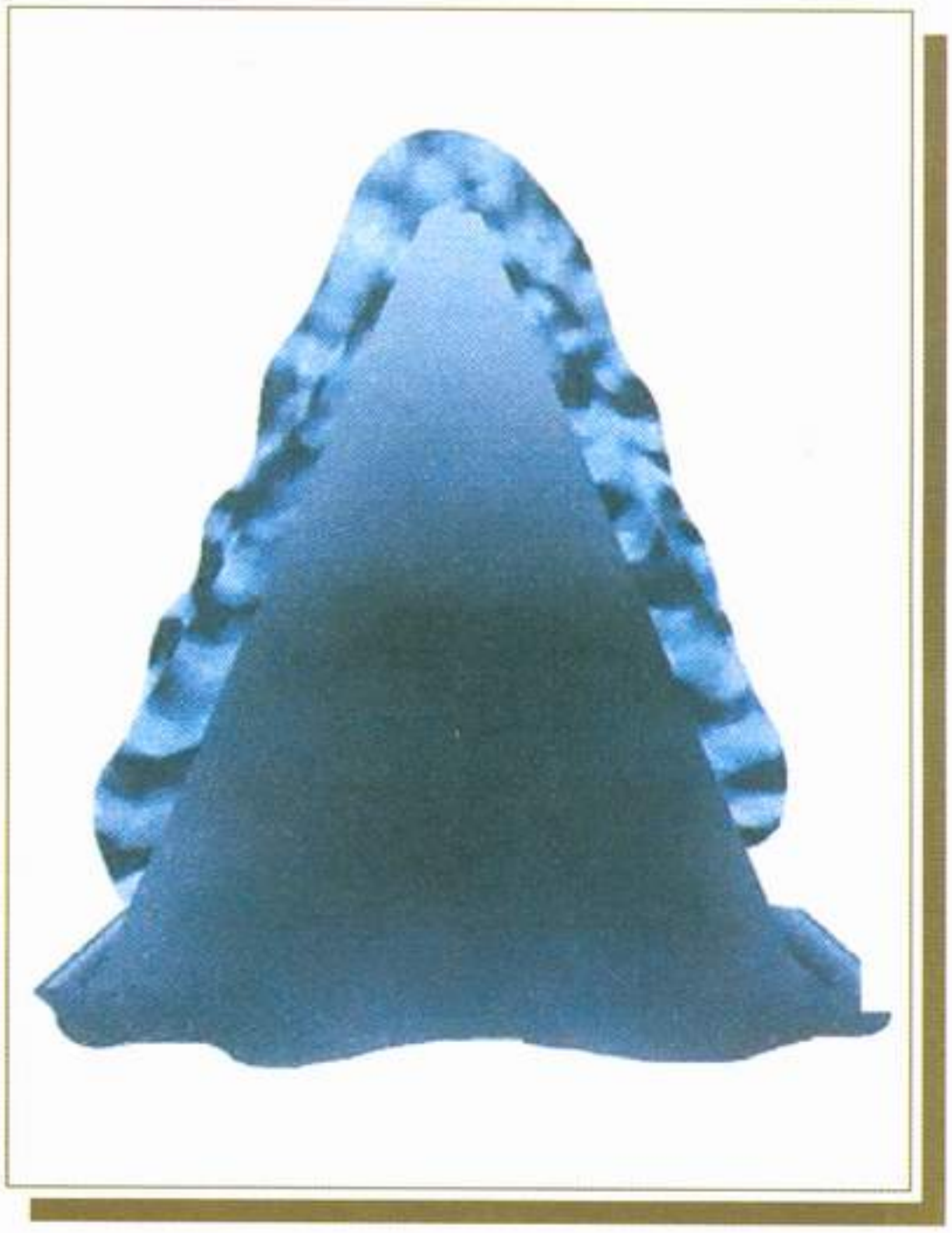


Fig 11 .A Hardfaced tooth

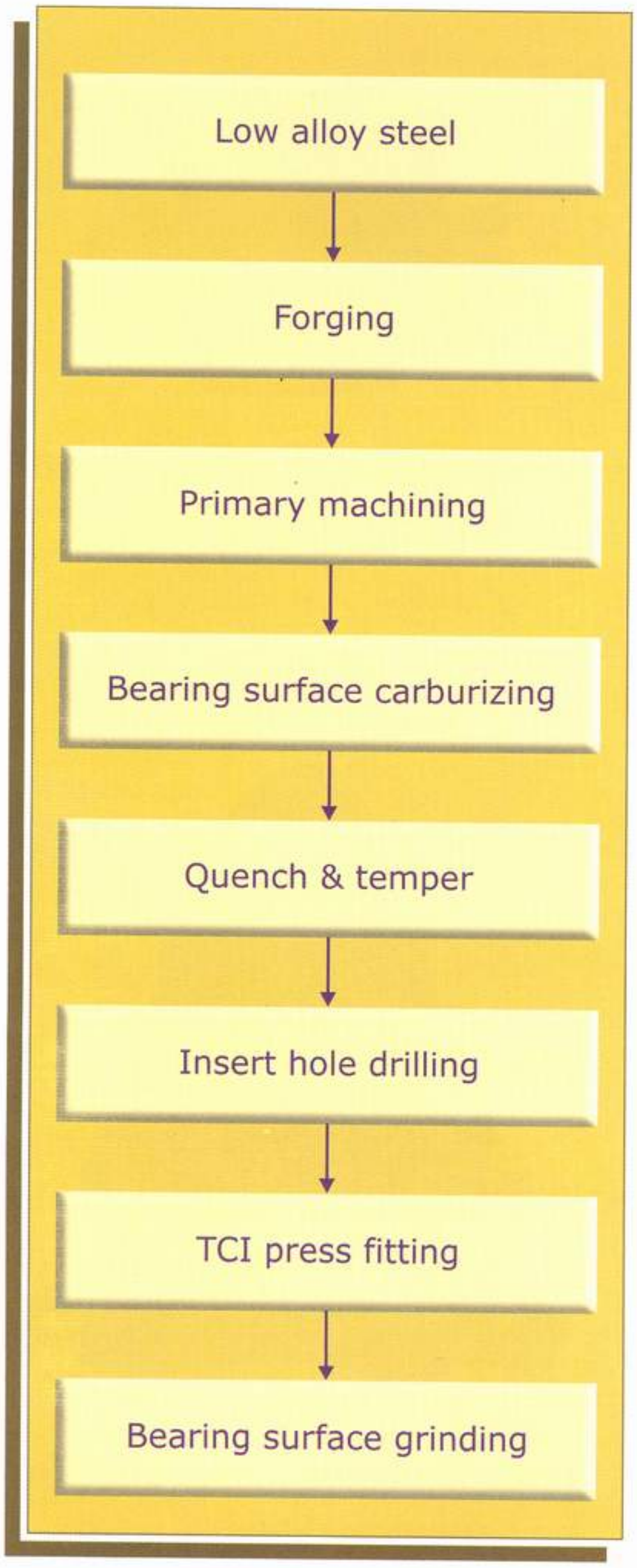


Fig 12. Manufacturing steps of insert cones

3.2. MANUFACTURING OF INSERT CONES

Main manufacturing steps of insert cones are shown in fig. 12. Cones are made of same steels as steel tooth bits (fig.13). Cone is formed by forging then bearing surfaces and surface of cone are machined. Machined parts are then carburized and heat treated to produce hardness equal to 42 HRC in the core and 60 HRC in outer layer of cone. Tungsten carbide inserts holes, which are a little smaller than insert, are drilled in the surface of the cone. Inserts are press fitted into these holes and final grinding of bearing surfaces is performed at the end (figure14).

3.3. MANUFACTURING OF LEGS

Main manufacturing steps of steel tooth cones are shown in fig.15. Same manufacturing steps are involved in production of legs for TCI and steel tooth bits (figure16). Legs are forged from

Fig 13. A TCI cone

Fig 14 . Insert hole drilling

a low alloy steel. Initial machining is taken place in a three axes CNC machining center. Forging is then mounted in a holding fixture. The fixture is secured to a five or six axis machining center for all accurate material removal operations while maintaining extremely close tolerances. All machining operations like reservoir hole, nozzle hole, long lubrication hole, shirttail profile, could be performed on the same machine. The fixture is removed from machining center and shirttail area is hardfaced (figure17). After hardfacing, the leg is removed from the fixture for heat treatment. Final machining operations are performed on same fixture and machining center.

Fig 15. Manufacturing steps of legs

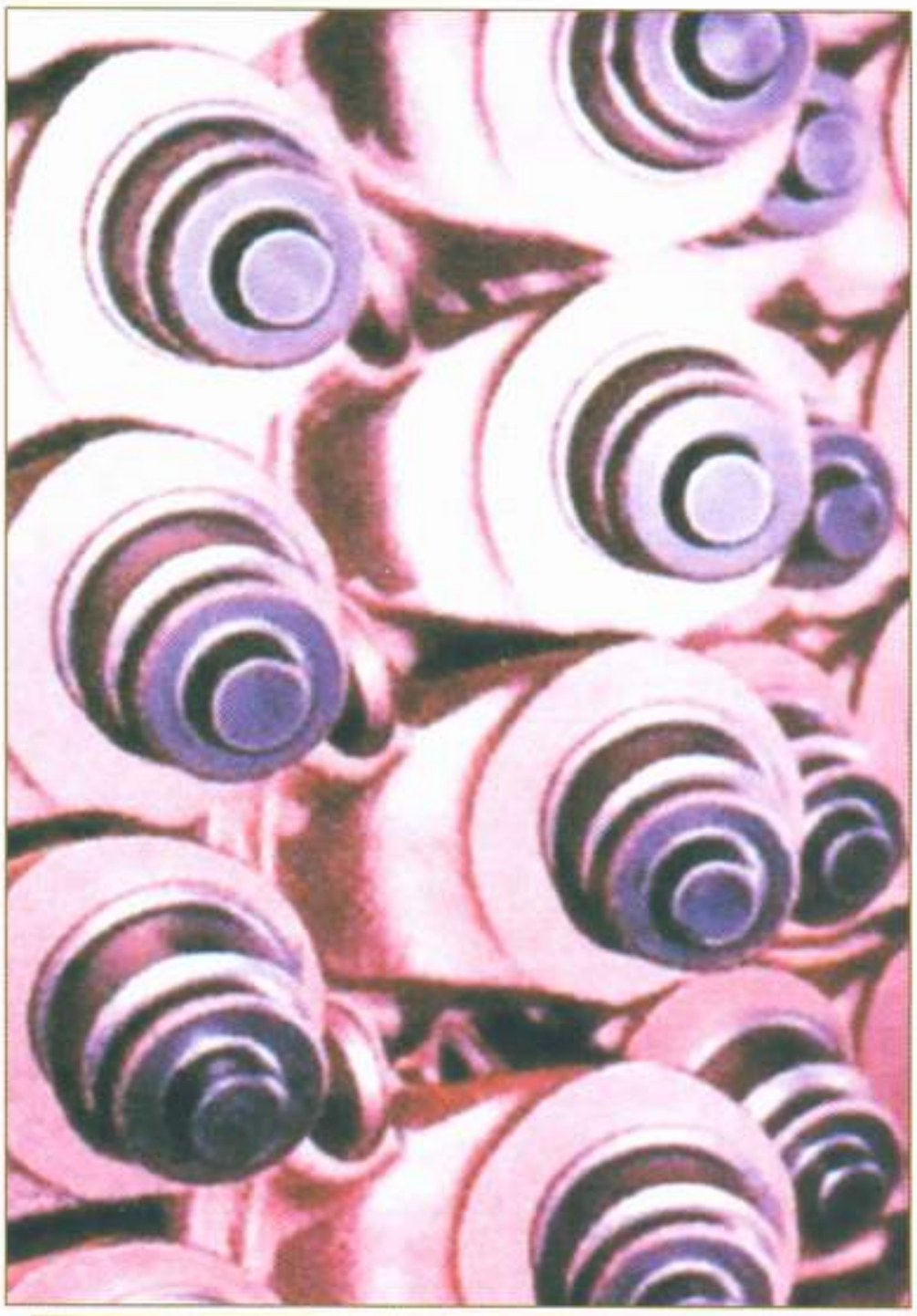


Fig 16. Bit legs

3.4. ASSEMBLING OF ROLLER CONE BITS

Main steps in assembling of roller cone bits are shown in fig.18. Sealing and bearings are assembled on legs and then cones are assembled on legs. The next operation is welding of these fully assembled legs together on a special fixture. Welding is a critical task and needs exact inspection to yield desired properties. Quality of welds is controlled by air leakage. Machining of shank threads should
exactly comply with API standards (fig. 19). Lubrication of sealed bearing bits requires a vacuum greasing operation to ensure that the bit lubrication system contains no air and to ensure that proper volume of grease is injected into the system.

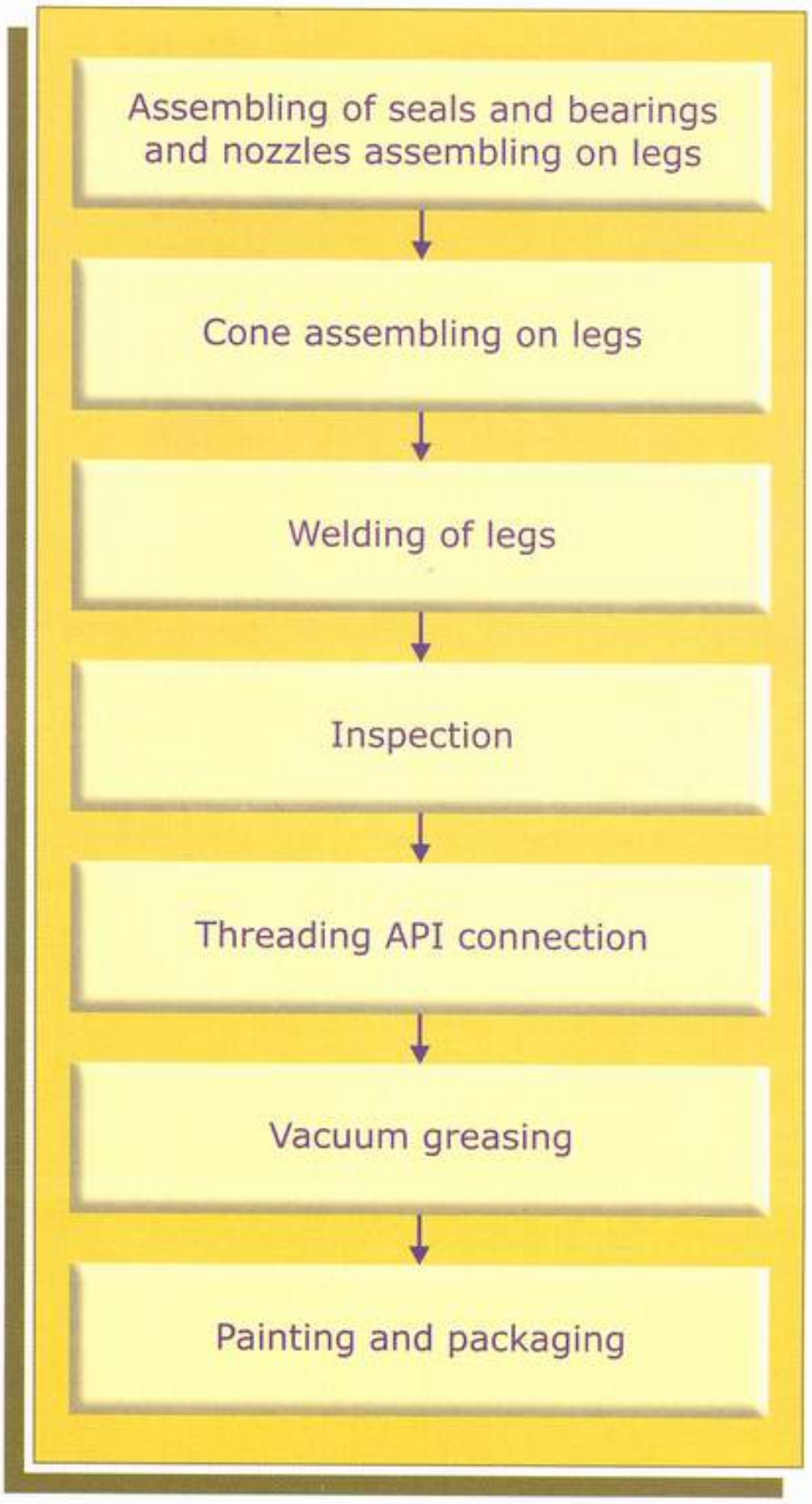


FIG 18. Assembling of roller cone bits

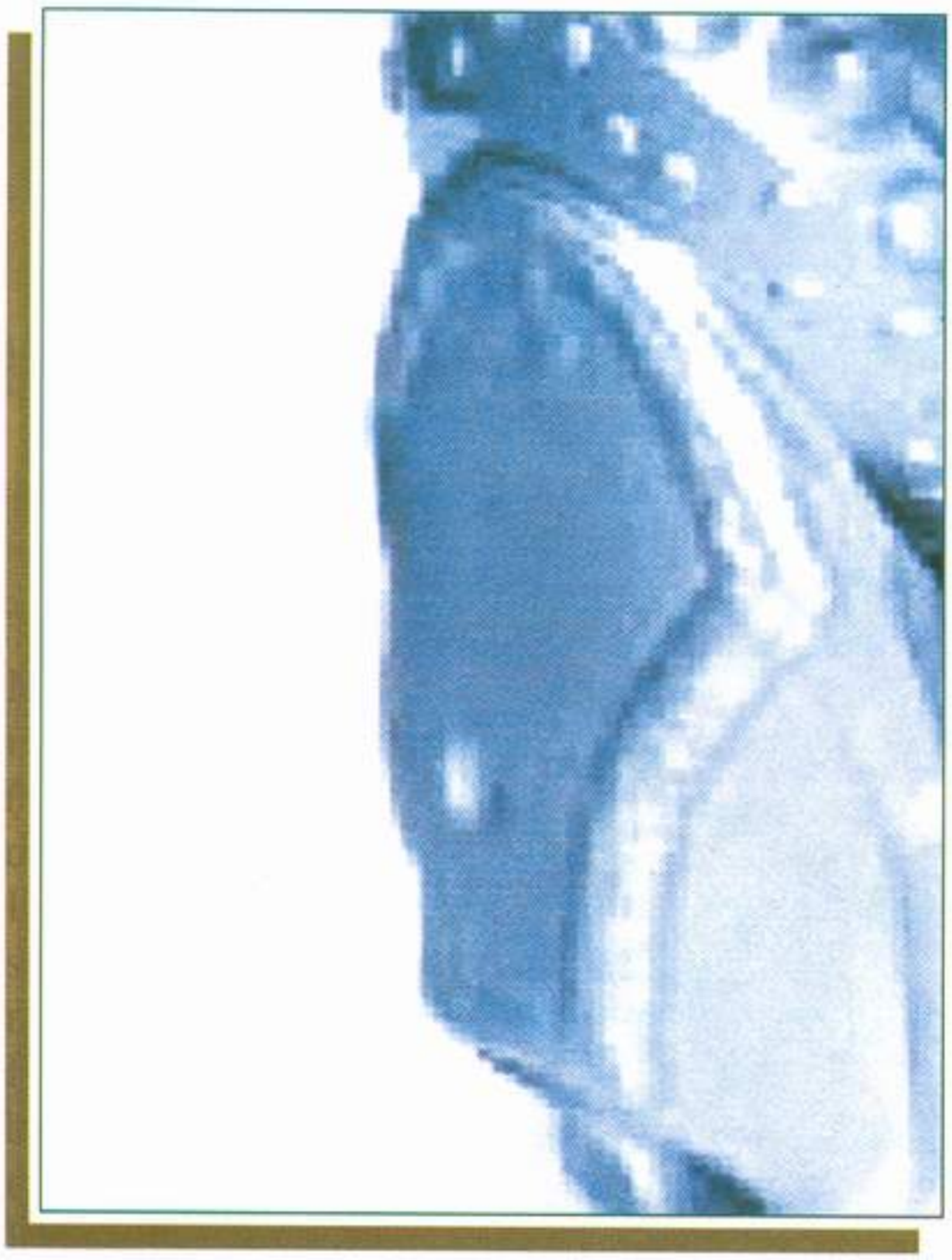


Fig.17. Shirttail hard facing

3.5. MANUFACTURING OF PDC BITS

Main manufacturing steps of PDC bits are shown in fig.20. There are two kinds of PDC bits: Steel body and matrix body. Making steel bits in one piece eliminates welding, and design details can be machined to exact tolerances.

Cutting structures are mounted by interference fit in slightly smaller precision holes drilled by CNC mills that also cut the main bore, blades, junk slots or waterways, PDC and gauge-insert pockets, nozzle holes and threads. Steel is softer than tungsten carbide, but hard metals can be applied to critical areas. Cutter for both steel and

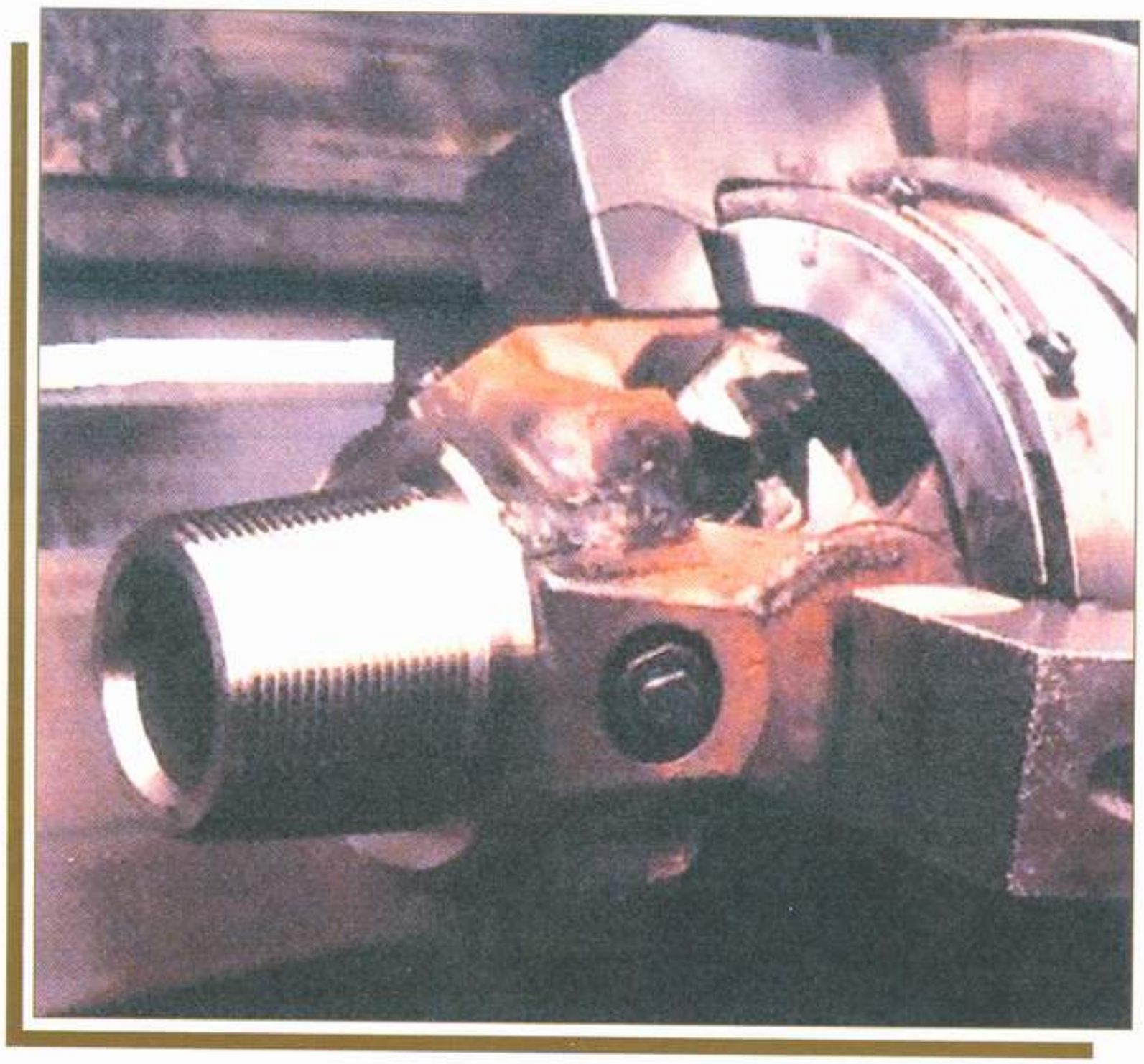


FIG 19. Threading API connection

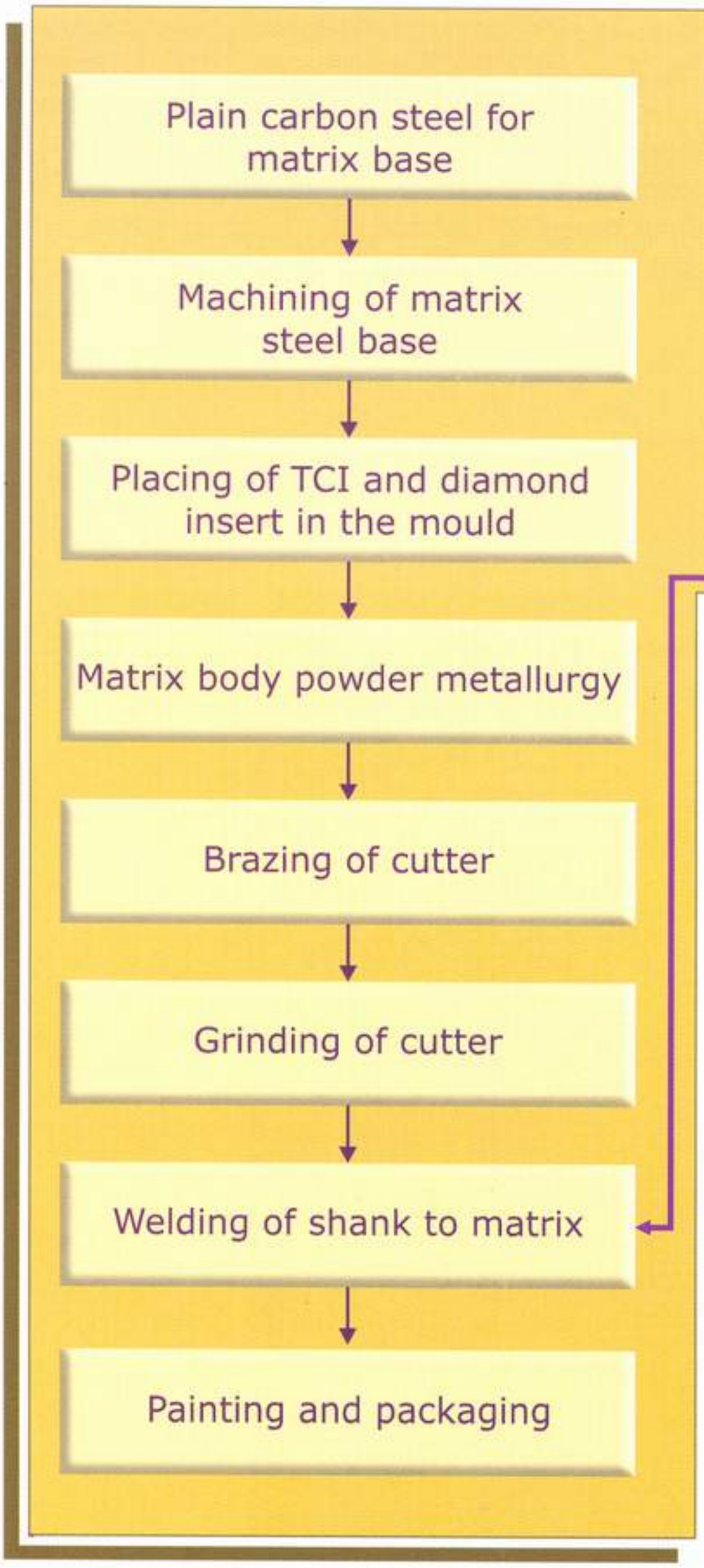


Fig. 20. Manufacturing of PDC bits

matrix body bits is composed of a PDC layer connected to a tungsten carbide substrate. A powder metallurgy process is used in production of matrix bits. Tungsten carbide powders and a binding alloy are placed in a mold with steel core, or blank, and sintered to produce matrix bits. Carbide particles bind together and form a bond between the inner steel blank and outer tungsten-carbide shell, or crown. In sintering a heating cycle is applied to temperatures at which fusion occurs between particles with lowest melting point. A hot pressing operation usually follows the heat treatment. In this process there is no molten phase.

Shaping of matrix body could be performed with infiltration process. Heat treatment in this process occurs at a temperature sufficient to melt the alloying elements, which then infiltrate through the compact to become the binder. In final assembling cutters are brazed on the matrix in their specified locations. Then the matrix is welded to steel shank and final ultrasonic testing and inspections are performed. The fully assembled bits are then painted and packaged.

4. BIT MANUFACTURERS

A list of bit manufacturing companies together with their products and contacts is provided in the below table.

BITS MANUFACTURERS	FIXED CUTTER BITS		FIXED CUTTER BITS		CONTACT
	STEEL TOOTH	TCI	NATURAL	PDC	
SECURITY DBS	✻	✻	✻	✻	Tel: +971 4 8836685 Fax: +971 4 8837830 URL: http://www.securitydbs.com DISTRICT MANAGER : S. MANCINI
HUGHES CHRISTENSEN	✻	✻	✻	✻	Tel: +9714837125 Fax: +9714836487 URL:http://www.HCCbits.com DISTRICT MANAGER : RIAZ UR REHMAN
SMITH TOOLS	✻	✻	✻	✻	Tel: +97143321381 Fax: +97143322975 URL:http://www.smithbits.com DISTRICT MANAGER : SUAT CELIK
REED HYCALOG	✻	✻	✻	✻	Tel: + 44 1453853063 Fax: + 44 1453791628 URL:www.reedhycalog.com
RBI/ GEARHART	✻	✻	✻	✻	Tel: 817 293 7555 Fax: 817 551 0823 URL:http://www.rbi-gearhart.com
KING DREAM	✻	✻	✻	✻	Tel: + 9821 2587391 Fax: + 9821 2587315 URL: http://www.jpgc.com RIGIONAL OFFICE: CPTDC
VAREL	✻	✻	✻	✻	Tel: + 971 433535525 Fax: + 971 43353532 URL:http://www.varelrockbits.com DISTRICT MANAGER : L. SOLETTA
DPI	—	—	✻	✻	Tel: + 1 281 774 9400 Fax: + 1 281 774 9412/3 UTL:http://www.dpi-bits.com
SANDVIK	✻	✻	—	—	Tel: 004626262000 Fax: 004626262300 URL: http://www.rocktools.sandvik.com
VULGA BURMASH	✻	✻	✻	✻	Tel: +78462 306729,309128 Fax: +78462 303106 URL: http://www.vbm.samara.com MIDDLE EAST MANAGER: A.M.NAZAROV

BITS MANUFACTURERS	FIXED CUTTER BITS		FIXED CUTTER BITS		CONTACT
	STEEL TOOTH	TCI	NATURAL	PDC	
NEW TECH ROCK BIT	—	—	✻	✻	URL: http://www.ntrockbit.com
BBL	—	—	✻	✻	Tel: + 441224248929 Fax: + 441224380291 URL: http://www.bbl.co.uk
BIT BROKERS INTERNATIONAL	✻	✻	✻	✻	Tel: +1 800 441 5451,+1 618 435 5811 Fax: +1 618 435 2388 URL: http://www.bitbrokers.com
BIT TECH	—	—	✻	✻	Tel: +1 903 687 3822 Fax: +1 903 687 2247 URL: http://www.bit-tech.com
GEOGEM	—	—	✻	✻	Tel: 0174 581 5315 Fax: 0174 581 5495 URL: http://www.geogem.com
TIX	✻	✻	—	—	Tel: + 81 3349 57961 Fax: + 81 3349 57960 URL: http://www.tix.co.jp
DDS	—	—	✻	✻	Tel: + 32 71 287647 Fax: + 32 71 287696 URL: http://www.diamantds.com