



## بررسی تجربی تأثیر هندسه پروفیل مته بر عملکرد و دوام مته الماسه

حسن محمدی مجد<sup>1</sup>، بهروز حسنی<sup>2\*</sup>

1- دانشجوی دکتری، مهندسی مکانیک، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد  
2- استاد، مهندسی مکانیک، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد  
\* مشهد، صندوق پستی 91775-1111، um.ac.ir، b\_hassani

### چکیده

### اطلاعات مقاله

مقاله پژوهشی کامل

دریافت: 07 اردیبهشت 1394

پذیرش: 19 خرداد 1394

ارائه در سایت: 30 خرداد 1394

کلید واژگان:

مته الماسه

هندسه پروفیل

عملکرد

دوام

در این تحقیق به بررسی تجربی تأثیر شکل هندسه پروفیل مته بر عملکرد و دوام مته الماسه پرداخته شده است. پس از یک مطالعه میدانی وسیع سه نمونه از مته‌های مورد استفاده در مناطق نفت‌خیز جنوب انتخاب گردید. هندسه پروفیل مته شامل بخش‌های مختلف راس، مخروط، دماغه، شانه و گیج می‌باشد که هر کدام از این بخش‌ها بر پایداری، نرخ نفوذ، قدرت تهاجمی و دوام مته اثرگذار است. بررسی تأثیر هندسه پروفیل مته الماسه مستلزم بدست آوردن دقیق این پروفیل می‌باشد لذا هندسه پیچیده مته‌های موردنظر توسط اسکن سه بعدی و تولید ابر نقاط استخراج گردید. سپس پروفیل چیدمان برنده‌ها تولید گردید. در بخش تجربی، آزمایش‌های میدانی در شرایط مشابه وزن روی مته، سرعت چرخشی، سرعت سیال و وزن گل حفاری در سه چاه مجاور در میدان نفتی اهواز، سازند آسماری انجام گرفت. میزان متراژ حفاری و نرخ نفوذ یعنی میزان حفاری در ساعت اندازه‌گیری شد و میزان خرابی مته‌ها با توجه به استاندارد IADC ارزیابی گردید. نتایج حاصل از تست مته‌ها نشان دهنده تأثیر هندسه مته بر عملکرد و دوام مته‌های الماسه می‌باشد. انتخاب بهینه هندسه پروفیل مته می‌تواند سبب افزایش نرخ نفوذ، پایداری و دوام مته گردد.

## Experimental study of profile geometry effect on PDC drill bits performance and durability

Hassan Mohammadi Majd, Behrooz Hassani\*

Department of Mechanical Engineering Ferdowsi University, Mashhad, Iran  
\* P.O.B. 91775-1111, Mashhad, Iran, b\_hassani@um.ac.ir

### ARTICLE INFORMATION

Original Research Paper  
Received 27 April 2015  
Accepted 09 June 2015  
Available Online 20 June 2015

**Keywords:**  
PDC drill bit  
profile geometry  
performance  
durability

### ABSTRACT

In this study, experimental study of profile geometry effect on Polycrystal Diamond Compact (PDC) drill bits performance and durability was conducted. In an extensive field study, three samples of bits were chosen among NIOC bits collection. PDC bit profile consists of apex, cone, nose, shoulder and gage, all of which are effective on stability, penetration rate, aggressiveness and durability. Verification of the effect of PDC bit profile geometry needs to first determine the exact geometry. Complicated geometry of these PDC bits was obtained by 3D-scan and cloud of points. Then cutters arrangement of the profile was produced. In experimental study, field test of these bits was conducted in the same condition (WOB, ROP, fluid velocity and drilling mud weight) in Ahwaz oil rig in Asmari formation. Drilling length and penetration rate was measured and the bits dull grading based on IADC standards was determined. Results of the bits test showed the effect of profile geometry on PDC bits performance and durability. Optimization of profile geometry of PDC bits causes an increase in penetration rate, stability and durability.

### 1- مقدمه

گرفته‌اند. در یک حفاری موفق پارامترهای متعددی همچون نوع و هندسه مته، وزن بالای مته<sup>2</sup>، چرخش رشته حفاری در دقیقه، جریان گردش گل، فشار گل، میانگین استحکام فشاری سازند و وزن گل نقش اساسی را دارا می‌باشند. اما یکی از مهمترین و اثرگذارترین پارامترها، هندسه مته می‌باشد، که می‌تواند نقش اساسی را در عملکرد، پایداری و دوام ایفا نماید. در صورت عدم طراحی مناسب هندسه مته، گاهی در سرعت‌های چرخشی بالا، چرخش خارج از محور ایجاد می‌شود. این پدیده را حرکت

مته‌های حفاری یکی از اقلام حیاتی و استراتژیک صنعت حفاری و نفت به شمار می‌روند. هزینه تأمین این اقلام در کشور سالانه ده‌ها میلیون دلار می‌باشد. لذا انتخاب و استفاده بهینه از این اقلام سبب صرفه‌جویی‌های اقتصادی قابل توجهی در هزینه تأمین مته و هزینه‌های حفاری خواهد شد از میان مته‌های حفاری رایج، مته‌های حفاری الماسه<sup>1</sup> به دلیل قابلیت حفاری در سازندهای سخت، در سال‌های اخیر مورد توجه و استقبال فراوانی قرار

2- Weight on bit (WOB)

1- Polycrystal diamond compact Bit (PDC Bit)

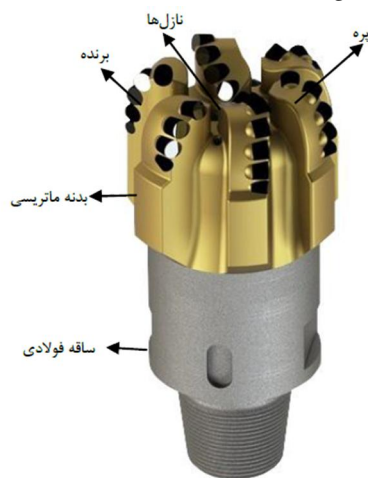
امکان استفاده از این مته را در سازندهای بسیار سخت به آسانی ممکن می‌سازد.

خصوصیات فولاد نظیر مقاومت بالا و چکش‌خواری، به مته‌های با بدنه فولادی مقاومت بالایی در مقابل بارهای ضربه‌ای می‌دهد. اما در سازندهای بسیار سخت که سایش اثرگذاری بیشتری دارد، مته‌های فولادی عملکرد مناسبی ندارند. دلیل این امر آن است که مته‌های با بدنه فولادی نسبت به سایش بسیار ضعیف هستند. همچنین در این نوع سازندها به دلیل سایش زیاد مته‌های فولادی از نظر اقتصادی مقرون به صرفه نیستند، چون به سرعت ساییده می‌شوند و هزینه عملیات حفاری را افزایش می‌دهند. به طور معمول مته‌های الماسه با بدنه ماتریسی برای محیط‌های با سایش بالا، به مته‌هایی با بدنه فولادی ترجیح داده می‌شوند. شکل 1 نام بخش‌های مختلف یک مته الماسه را نشان می‌دهد [10].

## 2-1- برندهای الماسه<sup>5</sup>

برندهای الماسه اجزا اصلی مته الماسه می‌باشند و دلیل نام‌گذاری این مته نیز استفاده از این نوع برندها می‌باشد. این برندها از دو بخش لایه و زیرلایه تشکیل شده‌اند. لایه اصلی از جنس الماس مصنوعی می‌باشد، که از فشردن کربن در دما و فشار بسیار بالا بدست می‌آید.

برش سنگ سازند توسط برندهای الماسه صورت می‌پذیرد. پارامترهای متعددی همچون کیفیت تولید لایه الماس مصنوعی، نحوه اتصال لایه الماس به زیرلایه، هندسه برنده، زوایای جهت‌گیری برنده و نحوه اتصال برنده‌ها به بدنه مته الماسه بر عملکرد مته تأثیر مستقیم خواهد داشت. انواع برندهای الماس در شکل 2 نشان داده شده است.



شکل 1 نام بخش‌های مختلف مته الماسه



شکل 2 شکل‌های مختلف برندهای الماسه

گردابی<sup>1</sup> گویند در این شرایط مته ممکن است به سمت دیواره چاه خم شود و دچار برون محوری شود این پدیده موجب شکستگی و تخریب زود هنگام برندهای<sup>2</sup> مته الماسه می‌گردد. در سال 1990 برای اولین بار حرکت گردابی به عنوان یکی از مشکلات و دلایل خرابی مته الماسه توسط برت و همکاران مورد بررسی قرار گرفت [1]. در همان سال برت و همکاران چیدمانی از برندها را جهت مقاومت در مقابل حرکت گردابی ارائه دادند [2]. در سال 1992 کولی و همکاران مته حفاری الماسه مقام در برابر حرکت گردابی را طراحی و آزمایش نمودند [3]. ویلموت و کرپ در سال 1998 چیدمان جدیدی از برندها را برای بهبود پایداری ارائه نمودند [4]. سال 2004 ویلموت و همکاران با ارائه یک مدل جدید هندسی از مته‌های الماس سبب صرفه‌جویی یک میلیون دلاری در هزینه‌های حفاری دریای شمال شدند [5]. جمیز و همکاران در سال 2010 مدل هندسی بهینه جدیدی را جهت افزایش کارایی معرفی نمودند [6]. با توجه به رقابت تجاری میان تولیدکنندگان مته الماسه معمولاً نتایج حاصله بصورت ثبت اختراع ارائه گردیده است. شف به بررسی تأثیر هندسه پروفیل چیدمان برندها بر پایداری مته‌ها پرداخت [7]. در روز با تأکید بر چینی‌ش شعاعی برندها، مدلی همگن جهت حفظ پایداری ارائه نمود [8]. کوالی شن مدل تحلیلی ساده‌ای را جهت جلوگیری از حرکت گردابی ارائه داده است [9].

در این تحقیق در ابتدا تأثیر پارامترهای هندسی مته الماسه مورد مطالعه قرار گرفت. پس از انتخاب 3 نمونه مته حفاری و استخراج هندسه پروفیل مته و تست میدانی آن‌ها، پروفیل بهینه در راستای عملکرد بهینه و دوام بیشتر بدست آمد.

## 2- مته الماسه

مته‌های حفاری به دو نوع تقسیم‌بندی می‌شوند: مته‌های دندانهای و مته‌های سرنایت. مته‌های الماسه از مهمترین انواع مته‌های سرنایت هستند که قادرند طیف گسترده‌تری از سازندها را در عمق‌های گوناگون حفاری کنند. مواد الماسه به دلیل سخت بودن و خواص ضدسایشی جز مهمترین مواد مورد استفاده در ابزار حفاری به شمار می‌آیند. مته‌های الماسه به دو صورت کاملا متفاوت طراحی و ساخته می‌شوند. این دو مدل شامل مته‌هایی با بدنه ماتریسی<sup>3</sup> و مته‌هایی با بدنه استیل<sup>4</sup> می‌باشند.

هریک از این دو محصول دارای تفاوت‌ها، ظرفیت‌ها و توانایی‌های ویژه‌ای هستند. مته‌های الماسه با بدنه ماتریسی از یک ماده مرکب، نسبتاً شکننده و سخت تشکیل شده‌اند. دانه‌های کاربرد تنگستن با استفاده از عملیات متالورژیکی و با استفاده از چسب فلزی به یکدیگر متصل می‌گردند. ماتریس‌ها به دلیل سختی و مقاومت به سایش و خوردگی بصورت گسترده‌ای در ساخت مته‌های الماسه کاربرد دارند. هرچند مقاومت ماتریس‌ها در برابر بارهای ضربه‌ای در مقایسه با فولاد کمتر است اما این مواد می‌توانند بارهای فشاری و سایشی نسبتاً بالا را تحمل کنند.

همان‌گونه که ذکر شد به دلیل پایین‌تر بودن مقاومت ماتریس‌ها در برابر بارهای ضربه‌ای نسبت به فولادها، در طراحی برخی از اجزای مته‌های ماتریسی (مانند ارتفاع تیغه‌ها) محدودیت‌هایی ایجاد می‌شود. اما این مشکل با قرار دادن مغزه فولادی درون مته‌های الماسه با بدنه ماتریسی بر طرف شده است. از سوی دیگر مقاومت به سایش و سختی مته‌های با بدنه ماتریسی

1- whirl  
2- cutter  
3- Matrix body bit  
4- Steel body bit

5- PDC cutter

## 1-1-2- چیدمان برنده‌ها

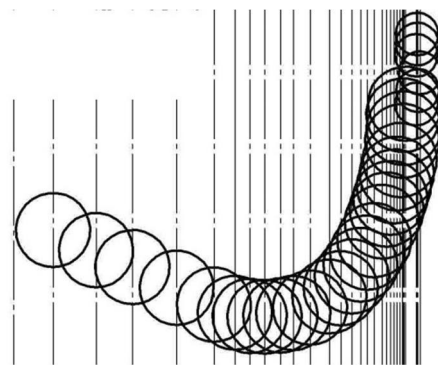
برنده‌ها طوری روی سطح مته قرار می‌گیرند تا از پوشش کامل ته چاه توسط مته اطمینان حاصل شود. چیدمان برنده‌های مته الماسه تابعی از شکل پروفیل، طول، اندازه، نوع و تعداد برنده‌ها است. برنده‌هایی که فاصله بیشتری نسبت به خط مرکزی دارند با افزایش فاصله شعاعی، مسافت محیطی بیشتری را طی نموده و سنگ‌های بیشتری را جدا می‌کنند. به دلیل آن که نیروی وارد بر دندانه‌ها با افزایش فاصله شعاعی از مرکز مته افزایش می‌یابد، شکستگی در برنده‌هایی که فاصله بیشتری از مرکز مته دارند اتفاق می‌افتد. شیوه مرسوم نمایش دو بعدی چیدمان برنده‌ها در شکل 3 نشان داده شده است [11].

## 2-1-2- جهت برنده‌ها

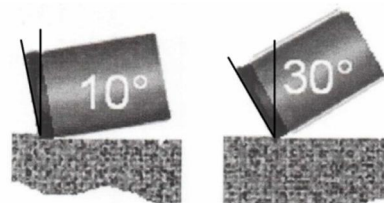
برنده‌های مته‌های الماسه به نحوی روی مته نصب می‌شوند تا زاویه حمله<sup>1</sup> خاصی را نسبت به سازند داشته باشند. زاویه حمله تأثیر مهمی بر روی نحوه درگیری مته با سازند دارد. زاویه حمله، زاویه‌ای بین سطح مته و خط عمود با سازند است. شکل 4 زاویه حمله را نشان می‌دهد.

این زاویه بر پارامترهایی نظیر افزایش نرخ نفوذ<sup>2</sup> و افزایش عمر مته تأثیر دارد، که این مسئله به نوبه خود در عملکرد مته مؤثر است. افزایش زاویه حمله باعث می‌شود تکه‌های جدا شده از سازند کمتر به سطح مته بچسبند. اگر زاویه حمله هر برنده به درستی تعیین گردد برنده‌ها به طور مناسبی در جهت چرخش مته جهت‌گیری می‌کنند. زاویه حمله پارامتری مهم در عمق برش برنده‌ها است.

در سازندهای نرم زاویه حمله کوچکتر به منظور افزایش نرخ نفوذ مورد استفاده قرار می‌گیرد. همچنین در سازندهای سخت افزایش در زاویه حمله سبب می‌شود، مته در برابر بارهای ضربه‌ای مقاومت بیشتری داشته باشد و احتمال شکست آن کمتر شود. به منظور ماندگاری بیشتر ساختار برنده‌ها و کاهش ارتعاشات به زاویه حمله بزرگتری برای سازندهای سخت‌تر نیاز است [12].



شکل 3 نمایش دو بعدی چیدمان برنده‌ها



شکل 4 زاویه حمله برنده‌ها

1- rake angle  
2- penetration

## 2-2- پروفیل مته الماسه

شکل سرمته، پروفیل<sup>3</sup> نامیده می‌شود. پروفیل مته تأثیر مستقیمی بر موارد زیر دارد.

- پایداری مته (تمایل به ارتعاشات جانبی و فاصله گرفتن از مرکز مته)
- فرمان‌پذیری مته
- نرخ نفوذ
- چگالی برنده مته
- بازده تمیزکاری مته
- دوام مته
- جلوگیری از آسیب حرارتی به برنده‌ها توسط خنک‌کاری مؤثر

شکل هندسی پروفیل نقش مهمی در عملکرد مته حفاری دارد. همچنین این فاکتور عامل مهمی در طراحی مهندسی مته است. هنگام طراحی پروفیل مته لازم است عواملی همچون نرخ نفوذ مته و پایداری مته در نظر گرفته شود. عامل مهم دیگری که باید در نظر گرفته شود مقدار بارهای ضربه‌ای و مقدار سایشی که از سازند به مته وارد می‌شود. این عوامل نرخ نفوذ و پایداری مته را تعیین می‌کنند. هندسه انتخاب شده توسط پروفیل بر راندمان هیدرولیکی سیال روی سطح مته اثر می‌گذارد.

جریان سیال به طور مستقیم بر نرخ نفوذ که تابعی از خروج کنده‌ها<sup>4</sup> است، تأثیر می‌گذارد. اگر کنده‌ها با همان سرعتی که تولید می‌شوند، خارج شوند، نرخ نفوذ به صورت طبیعی خواهد بود. هنگامی که سرعت تولید کنده بیشتر از میزان خروجی باشد نفوذ، توسط کنده‌ها محدود شده و رسیدن به مقدار نرخ نفوذ بهینه غیرممکن می‌گردد. سیال هیدرولیکی دومین نقش عمده را در تعیین کارایی مته دارد. سیال هیدرولیکی وظیفه خنک‌کاری و جلوگیری از آسیب حرارتی به برنده‌های مته را بر عهده دارد. عمر برنده‌ها به طور مستقیم بر عمر مته و بهره‌وری اقتصادی تأثیر می‌گذارد.

همچنین پایداری مته به پروفیل وابسته است، با افزایش ارتفاع مخروط، پایداری مته افزایش می‌یابد. عدم پایداری مته سبب حرکت گردابی می‌شود، که این حرکت آسیب‌های جدی را به حفره چاه و مته وارد می‌کند، حفره چاه شکل منظم خود را از دست می‌دهد و سبب بروز مشکلاتی در عملیات‌های تکمیلی چاه، همچون لوله‌گذاری می‌شود. همچنین بدلیل برخورد مته با دیواره چاه و وارد شدن بارهای ضربه‌ای، برنده‌ها شکسته می‌شوند. شکل 5 حفره حاصل از حفاری با مته پایدار و مته با حرکت گردابی را نشان می‌دهد.

## 1-2-2- بخش‌های پروفیل مته

پروفیل مته از شش ناحیه مشخص تشکیل شده است که از خط مرکزی مته آغاز می‌شود و تا بیشترین قطر مته ادامه می‌یابد.

- رأس<sup>5</sup> (مرکز هندسه مته)
- مخروط<sup>6</sup>
- دماغه<sup>7</sup> (سطح مته، توسط شعاع و محل مربوط به آن تعریف می‌گردد)
- شانه<sup>8</sup> (بخشی از پروفیل که از بخش بیرونی مماس بر دماغه تا ابتدای شعاع قطر بیرونی گسترش می‌یابد)
- گیج<sup>1</sup> (خارجی‌ترین بخش مته. ساختار گیج به پایداری مته کمک

3- Profile  
4- Cutting  
5- Apex  
6- Cone  
7- Nose  
8- Shoulder

شکل ۱۰، شیب و شعاع انحنای دماغه تأثیر مستقیمی بر دوام و قدرت تهاجمی مته دارد، با افزایش شعاع دماغه دوام مته افزایش می‌یابد. نزدیک بودن خط مرکزی مته به دماغه خصوصیت تهاجمی مته را بالا می‌برد [۱۳].

#### شعاع دماغه

شعاع بالای دماغه، توزیع بار بهتری را بر روی سطح مته فراهم می‌کند که برای حفاری سازندهای سخت بکار می‌آید. شعاع کم دماغه سبب می‌شود توزیع بار شدیدتر شود، این نوع توزیع برای سازندهای نرم استفاده می‌شود. شکل ۱۱ شعاع دماغه مته را نشان می‌دهد.

#### مکان دماغه

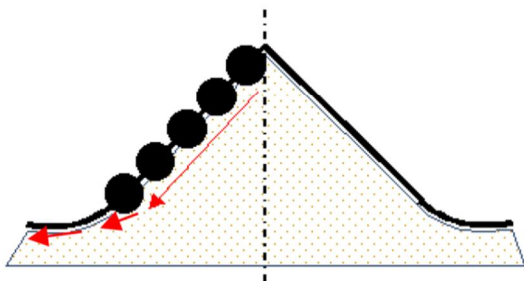
اگر مکان دماغه نزدیک به خط مرکزی مته باشد سبب می‌شود چگالی مته‌ها در شانه مته افزایش یابد. دماغه نزدیک‌تر به خط مرکزی برای سازندهای نرم مناسب هستند. دماغه نزدیک مته به قطر بیرونی مته سطح بیشتری را برای توزیع بار فراهم می‌کند. شکل ۱۲ مکان دماغه از مرکز مته را نشان می‌دهد [۱۵].

#### ۲-۱-۲-۴- شانه

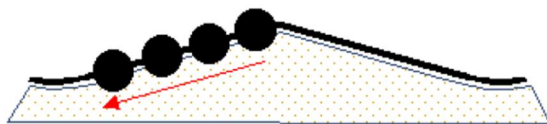
شانه مته از انتهای مماس بر دماغه شروع می‌شود و تا منطقه گیج مته گسترش می‌یابد.



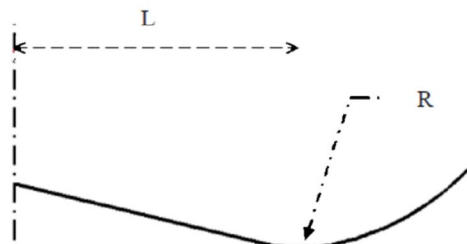
شکل ۷ زوایای مخروط‌های عمیق و مخروط کم عمق



شکل ۸ منحنی مسیر برداشت خرده‌ها در مخروط عمیق



شکل ۹ منحنی مسیر برداشت خرده‌ها در مخروط کم عمق [۱۴]



شکل ۱۰ دماغه پروفیل مته تعریف شده توسط مکان و شعاع

کرده و قطر چاه را به اندازه‌ای که مورد نظر است حفظ می‌کند) در شکل ۶ پروفیل مته و اجزای پروفیل نشان داده شده است.

#### ۲-۱-۲-۲-۱- رأس

رأس نقطه تقاطع بین پروفیل مته و خط مرکزی عمودی آن است.

#### ۲-۱-۲-۲-۲- سطح مخروطی

مخروط‌ها توسط زوایای مربوط به آن تعریف می‌گردند.

شکل ۷ زوایای مخروط عمیق و کم عمق را نشان می‌دهد.

#### مخروط‌های عمیق

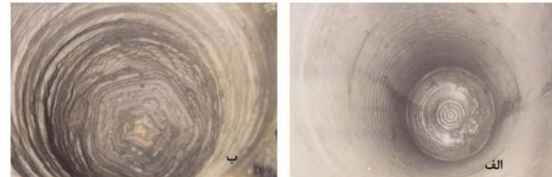
مخروط عمیق پایداری بالایی را در مته ایجاد می‌کند و خصوصیت تهاجمی مته را کاهش می‌دهد همچنین مخروط عمیق سطح زیادی را برای برندها ایجاد می‌کند. شکل ۸ منحنی مسیر برداشت خرده‌ها در مخروط عمیق را نشان می‌دهد

#### مخروط کم عمق

مخروط‌های کم عمق به آسانی تمیز می‌شوند و بسیار تهاجمی‌تر از مته‌هایی با مخروط عمیق می‌باشند. این مخروط‌ها دارای چگالی برنده کم هستند و این امر ممکن است، برای مته‌های الماسه یک عیب محسوب شود. شکل ۹ منحنی مسیر برداشت خرده‌ها در مخروط کم عمق را نشان می‌دهد [۱۲].

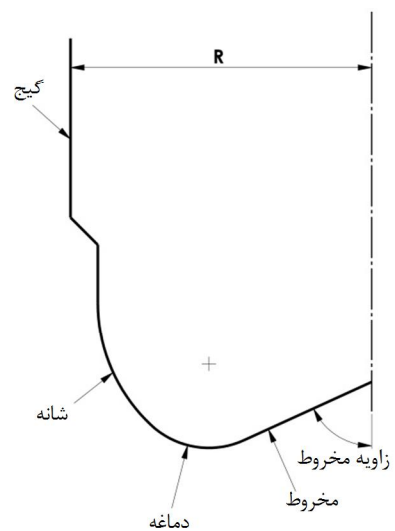
#### ۲-۱-۲-۲-۳- دماغه

دماغه مته توسط شعاع R و فاصله افقی L از خط مرکزی تعریف می‌شود



شکل ۵ الف- حفره حاصل از حفاری مته پایدار ب- حفره حاصل از مته با حرکت گردابی [۱۲]

گردابی [۱۲]

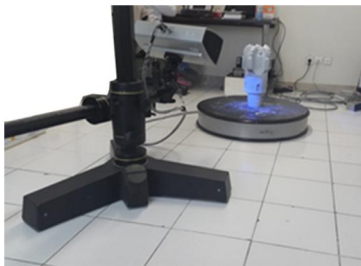


شکل ۶ پروفیل مته PDC

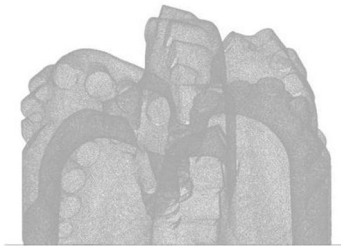


مته نوع ج      مته نوع ب      مته نوع الف

شکل 13 سه نوع مته الماسه منتخب



شکل 14 دستگاه اسکن سه بعدی

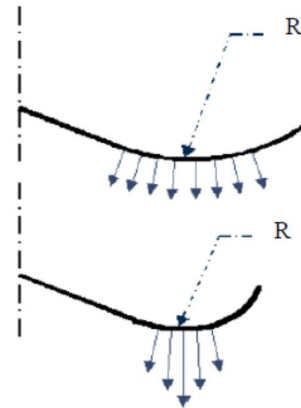


شکل 15 نتیجه به دست آمده از ابر نقاط مته حفاری

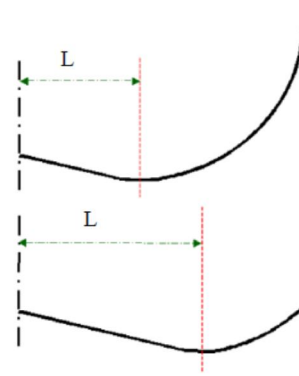
مدلسازی دقیق مته‌ها با جزئیات کامل صورت پذیرفت. (شکل 16)، چیدمان برنده‌ها، جهت‌گیری و مشخصات جاگیری آنها بدست آمد. (شکل 17) سپس به مدلسازی نحوه تماس برنده‌ها و سازند پرداخته شد و نحوه تماس برنده‌ها و سازند مورد بررسی قرار گرفت. (شکل 18) با توجه به اهمیت استخراج دقیق پروفیل مته الماسه، تمامی برنده‌ها در یک صفحه تصویر شدند. در شکل 19 نحوه استخراج پروفیل مته الماسه نشان داده شده است. بردارهای نشان داده در این شکل جهت تصویر شدن برنده‌ها را نمایش داده است. در این مرحله چگالی و هم‌پوشانی برنده‌ها نسبت به یکدیگر مشخص می‌شود، در گام بعدی جهت بدست آوردن پروفیل نهایی ارتفاع هرکدام از کاترها اعمال می‌شود تا شکل نهایی پروفیل مته الماسه بدست آید. لازم به ذکر است که این منحنی در مقالات و ثبت اختراعاتی فراوانی مورد توجه قرار گرفته است اما نحوه استخراج آن بیان نگردیده است. شکل 20 پروفیل 3 نمونه مته الماسه را نشان می‌دهد.

### 2-3- آزمایش میدانی

از آن‌جا که شرایط حفاری مشابه، جهت انجام آزمایش موردنظر امری اجتناب‌ناپذیر است. پس از بررسی‌های فراوان با کارشناسان اداره حفاری



شکل 11 شعاع دماغه



شکل 12 مکان دماغه از مرکز مته

### 2-2-1-5- گیج

گیج بیرونی‌ترین بخش مته است که وظیفه پایداری مته درون چاه را دارد. شکل گیج سبب پایداری مته درون چاه شده و از عملیات ناخواسته مانند هرز چرخیدن مته جلوگیری می‌کند [16].

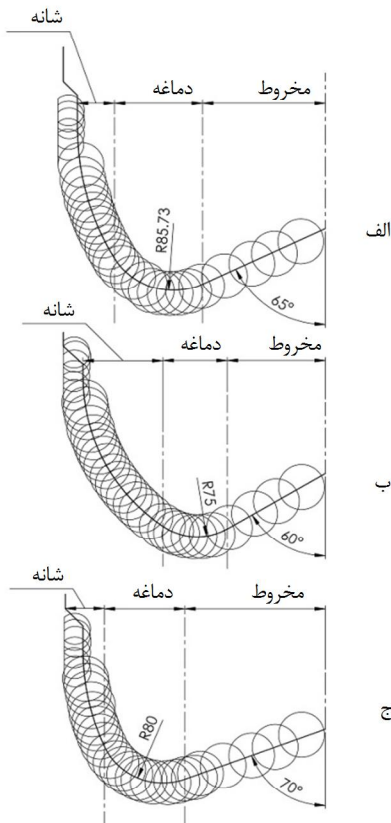
### 3- روش پژوهش

جهت بررسی دقیق اثر هندسه پروفیل مته الماسه پس از یک بررسی وسیع میدانی 3 نمونه از مته‌های پرمصرف اندازه 215/9 mm (8 1/2 inch) شرکت مناطق نفت‌خیز جنوب انتخاب گردید. (شکل 13) با توجه به پیچیدگی‌های هندسه مته‌های مذکور و مشکلات متعدد در استخراج هندسه، ابر نقاط به عنوان یک روش کارآمد، جهت بدست آوردن هندسه مته‌ها انتخاب شد.

### 3-1- استخراج پروفیل مته الماسه به روش اسکن سه بعدی

جهت گرفتن ابرنقاط پس از تمیزکاری، مته‌ها با سوسپانسیون ذرات تیتانیوم در ایزوپروپان پوشش داده شدند. سپس توسط دستگاه اسکن سه بعدی (شکل 14)، ابرنقاط مربوط به هندسه مته‌ها استخراج گردید (شکل 15). با توجه به قابلیت‌های ویژه نرم‌افزار کتیا جهت کار با ابرنقاط، از این نرم‌افزار جهت انطباق سطوح بر ابرنقاط استفاده شد. خروجی این مرحله فایل جسم صلب مته‌ها می‌باشد.

با توجه به ابزار ویژه نرم‌افزار سالدورک جهت مدلسازی و استخراج مختصات و نقشه‌های موردنظر، این نرم‌افزار برای تکمیل تحقیق مورد استفاده قرار گرفت.



شکل ۲۰ پروفیل ۳ نمونه مته الماسه

شرکت مناطق نفت‌خیز جنوب، میدان نفتی اهواز و سازند آسماری به عنوان میدان مناسب انتخاب گردید. چاه‌های مجاور منطقه با ساختار زمین‌شناسی مشابه، محل انجام آزمایش بودند. البته بروز شرایط غیرعادی و خارج از کنترل، سبب تکرار برخی از آزمایشات می‌گردید. جدول ۱ مشخصات مته‌های آزمایش شده جهت انجام عملیات حفاری را نشان می‌دهد. جدول ۲ مربوط به شرایط تست میدانی مته‌های مذکور می‌باشد. همچنین اطلاعات مربوط به سازند آسماری در جدول ۳ آمده است. با توجه به شرایط عملیاتی، ۳ پارامتر متراژ حفاری، نرخ نفوذ میزان خرابی مته‌های حفاری به عنوان شاخص‌های اصلی ارزیابی عملکرد مته مورد استفاده قرار می‌گیرند. خرابی مته‌ها پس از عملیات حفاری در شکل ۲۱ نشان داده شده است.

#### ۴- نتایج و بحث

متراژ حفاری، نرخ نفوذ و میزان خرابی مته‌های حفاری به عنوان معیارهای

جدول ۱ مشخصات مته

تعداد برنده	مته نوع الف	مته نوع ب	مته نوع ج
اندازه برنده	۱۹mm	۱۹mm	۱۹mm
تعداد برنده	۳۴	۳۴	۳۴
تعداد پره‌ها	۶	۶	۶
تعداد نازل	۴	۴	۴
نوع اتصال مته	۶ ۵/۸ reg	۶ ۵/۸ reg	۶ ۵/۸ reg
شعاع و دماغه	۸۵ mm	۷۵ mm	۸۰ mm
زویه مخروط	۶۵°	۶۰°	۷۰°
طول مته	۴۲۵ mm	۴۲۳ mm	۳۷۲ mm

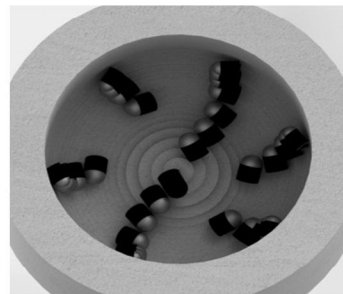
1- blade



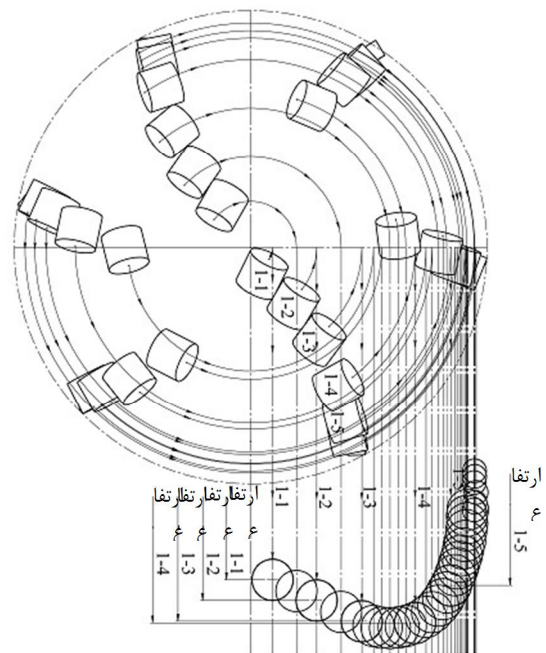
شکل ۱۶ مدل‌سازی مته حفاری



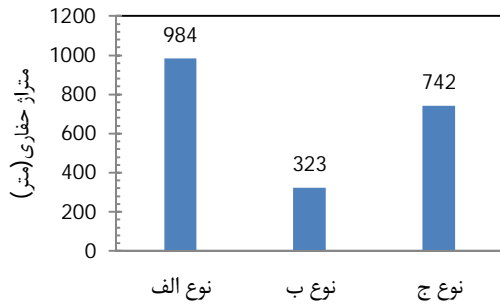
شکل ۱۷ چیدمان ۳ بعدی برنده‌ها



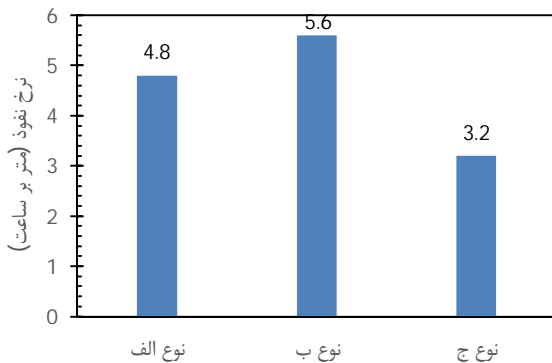
شکل ۱۸ تماس برنده‌ها و سازندها



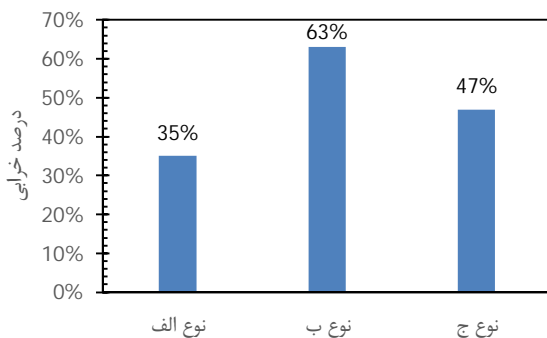
شکل ۱۹ نحوه استخراج پروفیل مته الماسه



شکل 22 متر از حفاری



شکل 23 نرخ نفوذ مته



شکل 24 درصد خرابی مته

بخش تجربی 3 نمونه مته پر مصرف، مناطق نفت خیز جنوب انتخاب و روش استخراج پروفیل چیدمان برندها ارائه گردید. سپس جهت بررسی تأثیر هندسه پروفیل مته الماسه، تست میدانی در شرایط مشابه انجام گردید، عملکرد و دوام مته‌ها با استفاده از 3 شاخص متر از حفاری، نرخ نفوذ و میزان خرابی مورد ارزیابی قرار گرفت.

نتایج بدست آمده نشان می‌دهد مته نوع الف با دارا بودن بیشترین شعاع دماغه و زاویه مخروط بهینه، بیشترین متر از حفاری و کمترین میزان خرابی را داشته است. مته نوع ب هرچند با داشتن کمترین زاویه مخروط، نرخ نفوذ بالایی داشته است. اما شعاع پایین دماغه سبب عدم دوام این مته، متر از پایین حفاری و خرابی فراوان در تمام ناحیه دماغه به صورت محیطی گردیده است. در مته ج زاویه مخروطی بالا، سبب کاهش نرخ نفوذ گردیده است، اما پایداری بالای این مته سبب افزایش متر از حفاری گردیده است.

### 6- تقدیر و تشکر

نویسندگان از همکاری متخصصان پژوهشکده تکنولوژی تولید جهاد دانشگاهی

### جدول 2 شرایط تست میدانی

شرایط تست میدانی	
150-170 rpm	سرعت چرخشی
6000-9000 kg	وزن روی مته
102/15 m <sup>3</sup> /h	نرخ جریان

### جدول 3 خصوصیات مکانیکی سازند آسماری [17]

خصوصیات مکانیکی سازند آسماری	
30/678 GPa	مدول الاستیسته
0/207	ضریب پواسان
94/460 MPa	مقاومت فشاری تک محوره

اصلی سنجش عملکرد مته مورد استفاده قرار می‌گیرند. متر از حفاری نمونه‌های مذکور در شکل 22 نشان داده شده است. با توجه به نتایج بدست آمده نمونه الف 984 متر را حفاری کرده است. که با توجه به بیشترین شعاع دماغه و تأثیر مستقیم شعاع دماغه بر دوام مته، بهترین عملکرد را داشته است.

نرخ نفوذ مته‌های حفاری در شکل 23 نشان داده شده است. بیشترین نرخ نفوذ مربوط به مته نوع ب می‌باشد، این نتیجه بدلیل داشتن یک مخروط کم عمق 60 درجه‌ای می‌باشد، که قابلیت تهاجمی خوبی را به مته داده است. اما شعاع پایین منطقه دماغه سبب کاهش دوام این مته گردیده است.

میزان خرابی مته‌ها در شکل 24 نشان داده شده است. میزان خرابی براساس استاندارد IADC خرابی مته‌ها<sup>1</sup> ارزیابی و تعیین گردید. در این استاندارد خرابی‌های مته براساس موقعیت مکانی، نوع خرابی و میزان خرابی در فرم‌های استاندارد ثبت می‌گردند. بیشترین خرابی در مته نوع ب اتفاق افتاده است که این امر به دلیل شعاع پایین منطقه دماغه و عدم توزیع مناسب نیروها سبب وارد شدن آسیب‌های جدی به این مته گردیده است. تمام ناحیه دماغه بصورت محیطی آسیب دیده است. کمترین خرابی در مته نوع الف رخ داده است (شکل 21) که این امر به دلیل پایداری این مته می‌باشد.

مته نوع ج نیز بدلیل زاویه مخروط بالا دارای پایداری مناسبی بوده اما قدرت تهاجمی پایین این مته، نرخ نفوذ را کاهش داده است.

### 5- نتیجه گیری

در این مقاله تأثیر هر یک از بخش‌های پروفیل مته بر دوام، پایداری، قدرت تهاجمی و نفوذ مته حفاری به صورت تجربی، مورد مطالعه قرار گرفت. در



شکل 21 خرابی مته‌ها پس از عملیات حفاری

1- Dull grading

خوزستان و اداره حفاری مناطق نفت خیز جنوب کمال تشکر و قدردانی را می‌نمایند.

## 7- مراجع

- States Patent No.20100175929, 2010.
- [8] S. W. Drews, C. Maurstad, multi-set pdc drill bit and method, United States Patent No. 20100155151, 2010.
- [9] Y. Kovalyshen, A simple model of bit whirl for deep drilling applications, *Journal of Sound and Vibration*, Vol. 332, No. 24, pp. 6321–6334, 2013.
- [10] M. Wilmot, W. L. Alexander, New PDC bit design reduces vibrational problems, *Oil & Gas Journal*, Vol. 93, No. 21, pp. 57–59, 1995.
- [11] P. Macini, M. Magagni, How the Minimum Interval Concept Can Improve Bit Performance Evaluation, *IADC/SPE Drilling Technology Conference*, Thailand, 2006
- [12] D.N. Minh, H. Geoffroy, J. Bergues, C. Putot, Evaluation of drilling parameters of a PDC bit, *Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*, Vol. 35, No. 4, pp. 578–580, 1998.
- [13] T.S. Roberts, Development of a New Concept of Steerable PDC Bit for directional Drilling, *IADC/SPE Drilling Conference*, Dallas, 1998.
- [14] M. Azar, R.Ford, Introduction to PDC bits, pp. 36-52, Houston, USA: Smith International, 2002.
- [15] M.Wilmot, C. W. Keith, *Drill bit with performance-improving cutting structure*, United States Patent No. 5549171, 1996.
- [16] M.Wilmot, *PDC drill bit having cutting structure adapted to improve high speed drilling performance*, United States Patent No. 6615934, 2003.
- [17] R.Ajalloeian, M.Mohamadi, Evaluation of geomechanical characteristics of Asmary limeston sites, *geology engineering journal*, vol 5, No1, pp.1059-1076, 2011. (in persian)
- [1] J. F. Brett, T. M. Warren, S M. Behr, Bit whirl a new theory of PDC bit failure, *SPE Drilling Engineering*, Vol. 5, No. 4, pp. 275–280, 1990.
- [2] G. Warren, T. M. Brett, J. Ford, *Whirl resistant bit*, United States Patent No. 4932484, 1990.
- [3] C.H. Cooley, P. E. Pastusek, The Design and Testing of Anti-Whirl Bits, *SPE Annual Meeting*, No 24586, 1992.
- [4] M. Wilmot, G. Krepp, Innovative Cutting Structure Improves Structure improves Stability and Penetration Rate of PDC Bits Without compromising Durability, *SPE/IADC Drilling Conference*, No. 39310, Dallas, 1998.
- [5] M. Wilmot, G. Booth, M. Mottram, New PDC Bit Tenhnology and improved Operational Practies Saves \$IM in Central North Sea Drilling program, *SPE/IADC Drilling Conference*, No. 59108, 2004.
- [6] J. Shamburger, V. Salvo, *Optimized central PDC cutter and method*, United States Patent No. 20100012388, 2010.
- [7] T. Schwefe, *cutter profile helping in stability and steerability*, United