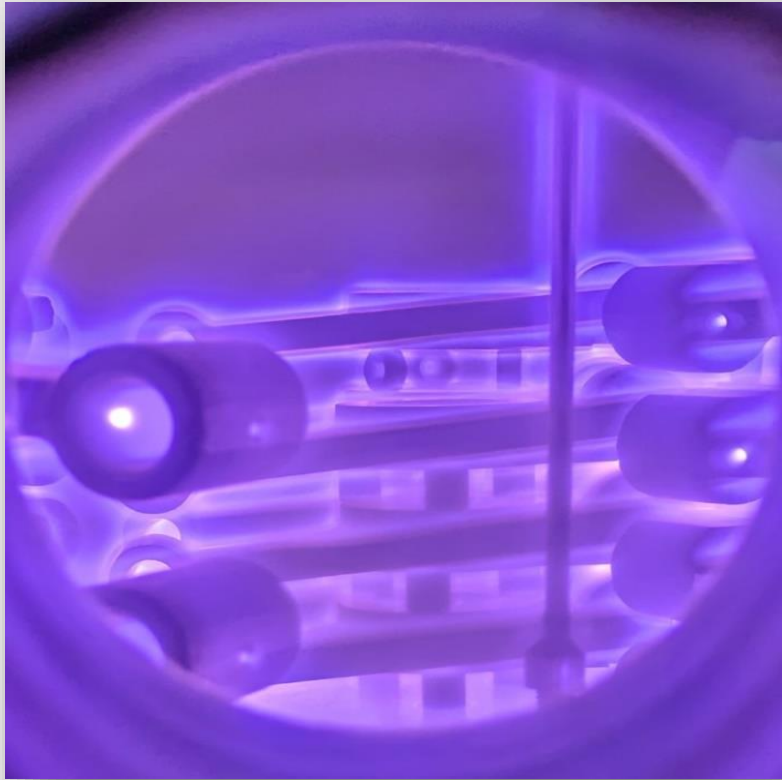




۱-۱ نیتروژن دهی پلاسمایی

نیتروژن دهی (نیتراسیون-نیترا ته) پلاسمایی، که با عنوان نیتروژن دهی یونی و سخت کاری پلازما نیز شناخته می شود، فرایندی ترموشیمیایی است که عمدتاً به منظور افزایش مقاومت به سایش، خوردگی، و خستگی قطعات فلزی استفاده می شود. تحت تأثیر گرما، نیتروژن به درون سطح نفوذ می کند که به دگرگونی شیمیایی سطح فلز و تشکیل نیتrideهای فلزی در سطح فلز منجر می شود. فرایند نیتروژن دهی به روش های حمام نمک و گازی نیز انجام می شود که نیتروژن دهی پلاسمایی به دلایل مختلف از جایگاه ویژه ای برخوردار است.

نیتروژن دهی پلاسمایی در یک محفظه خلأ انجام می شود. قطعات کاتد و محفظه آند را تشکیل می دهد. پس از ایجاد خلأ اولیه در محفظه، گازهای عملیاتی (نیتروژن، هیدروژن، آرگون، و متان) وارد محفظه می شوند. با ایجاد یک میدان الکتریکی بین قطعات و دیواره محفظه، گازها یونیزه شده و پلازما تشکیل می شود. یون های نیتروژن در جهت قطعات (کاتد) شتاب گرفته و با انرژی بالایی به سطوح قطعات برخورد می کنند. بمباران یونی باعث گرم شدن، تمیز شدن، و جذب نیتروژن در سطوح قطعات می شود.

پس از رسیدن به دمای نیتروژن دهی، زمان نگهداری (soaking time) آغاز می شود. برحسب نوع متریال و عمق نفوذ مورد نیاز، زمان های نیتروژن دهی معمول بین ۱۲-۵۰ ساعت است. برای رسیدن به یک عمق مشخص، زمان نیتروژن دهی پلاسمایی تقریباً نصف نیتروژن دهی گازی است.



۱-۱-۱ مزیت‌های نیتروژن‌دهی پلاسمایی

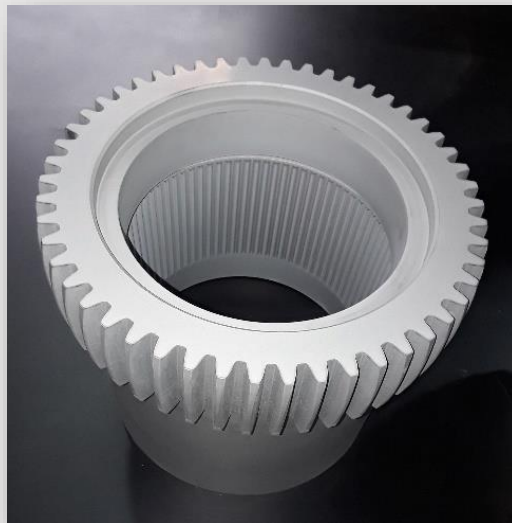
- دمای پایین فرایند؛
- تغییر ابعادی بسیار کم؛
- سهولت نیتروژن‌دهی انتخابی. برای حفاظت قسمت‌هایی از قطعه که نباید نیتروژن‌دهی شوند، می‌توان به راحتی از ماسک مکانیکی استفاده کرد و نیازی به استفاده از رنگ‌های حفاظتی نیست؛
- امکان فعال‌سازی و تمیزکاری سطوح در پلازما که به افزایش کیفیت لایه ایجاد شده منجر می‌شود؛
- کم‌تر بودن تخلخل و ترک در لایه سفید و در نتیجه شکنندگی کمتر آن نسبت به لایه سفید تشکیل شده در روش‌های دیگر؛
- امکان ایجاد لایه سفید تک‌فاز؛
- امکان سازگار کردن ساختار لایه با تنش وارد شده به قطعه؛
- زمان پایین‌تر فرایند نسبت به روش گازی؛
- عدم نیاز به تمیزکاری و پولیش نهایی به علت کیفیت بالای سطحی (عدم اکسید شدن سطح و عدم افزایش زبری سطح)؛
- اولین انتخاب برای فولادهای زنگ‌نزن می‌باشد. لایه اکسید کروم موجود روی فولادهای زنگ‌نزن مانعی برای نیتروژن‌دهی است و باید پیش از نیتروژن‌دهی برداشته شود. در نیتروژن‌دهی پلاسمایی، حین مرحله اسپاترینگ (sputtering - کندوپاش) لایه اکسید کروم برداشته می‌شود. از آنجاکه فرایند تحت خلأ انجام می‌شود، امکان رشد دوباره آن وجود ندارد، به همین دلیل لایه نیتروژن‌دهی یکنواختی ایجاد می‌شود؛
- تکرارپذیری بسیار خوب نتایج. برخلاف روش‌های نیتروژن‌دهی گازی و حمام نمک که دمای اتمسفر کوره کنترل می‌شود، در نیتروژن‌دهی پلاسمایی دمای خود قطعه کنترل می‌شود، که این موضوع به حصول نتایج تکرار پذیر منجر می‌شود؛
- سازگاری با محیط زیست.

۱-۱-۲ کاربردها

- صنایع ساخت خودرو/هوافضا: میل‌لنگ، میل بادامک، چرخ‌دنده، پیستون، سیلندر، سوپاپ، و ...
- صنعت آلومینیوم: قالب‌های ریخته‌گری تحت فشار و اکستروژن
- صنعت فورجینگ: انواع قالب‌ها برای فورج گرم و سرد
- صنعت پلاستیک: سیلندر و ماردون تزریق پلاستیک، قالب‌های پلاستیک، و ...
- صنعت ماشین‌سازی: شفت، اسپیندل، اجزاء نورد و ...
- متالورژی پودر: چرخ‌دنده، بوش، و ...
- صنعت نیروگاهی: اجزاء توربین، شفت، اسپیندل، چرخ دنده، و ...
- قالب‌سازی: قالب‌های فورجینگ، اکستروژن، پلاستیک، دایکست، و کشش عمیق
- صنایع ریخته‌گری: قالب برای فلزات و آلیاژهای غیر آهنی

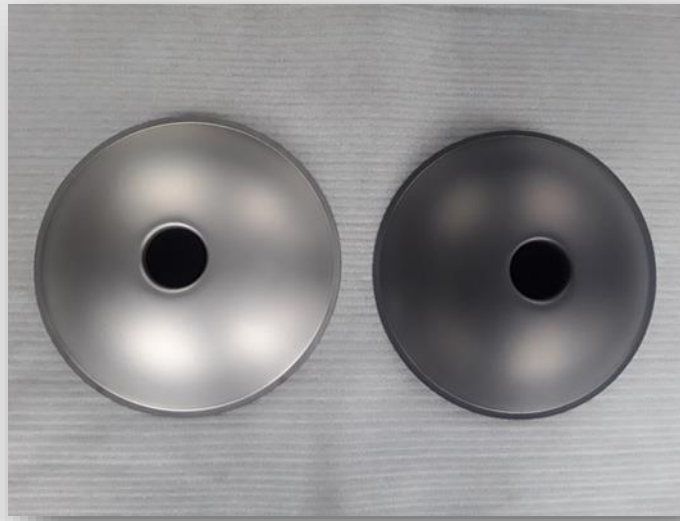
۲-۱ فرایند نیتروژن-کربن دهی (نیتروکربوره)

فرایند نیتروژن-کربن دهی (نیتروکربوره) فریتی نوعی از نیتروژن دهی است که در آن کربن به اتمسفر اضافه می شود و به این ترتیب علاوه بر نیتروژن، کربن نیز در سطح نفوذ می کند. به دلیل حضور کربن، در این فرایند یک لایه سفید (ترکیبی) ضخیم تر با مقاومت سایشی و مقاومت به خوردگی بالاتر (نسبت به نیتروژن دهی پلاسمایی) تشکیل می شود که عمدتاً شامل فاز کربونیتريد اپسیلون ($Fe_{2-3}CN$) است. نیتروژن-کربن دهی پلاسمایی به طور گسترده ای روی فولادهای کم کربن، چدن ها و فولادهای آلیاژی آنیل که خواص مکانیکی پایینی دارند، انجام شده و به افزایش مقاومت به سایش و خوردگی آن ها منجر می شود. در مورد فولادهای کم آلیاژ، افزایش سختی نسبت به نیتروژن دهی پلاسمایی اندک است، ولی مقاومت به خوردگی افزایش یافته و سایش چسبنده (Adhesive Wear) کاهش می یابد.



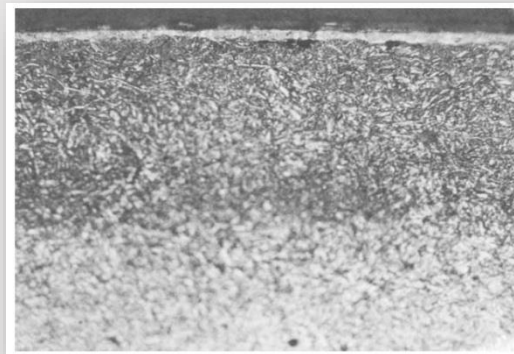
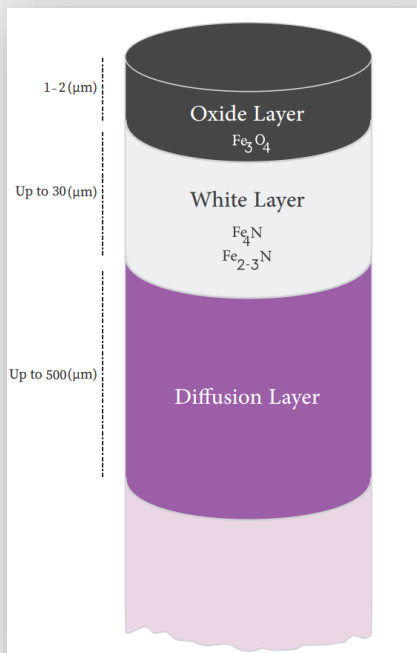
۳-۱ اکسیداسیون تکمیلی

اکسیداسیون تکمیلی به دنبال فرایند نیتروژن دهی یا نیتروژن-کربن دهی پلاسمایی انجام می شود. در این فرایند، یک لایه نازک اکسیدی (Fe_3O_4 /مگنتیت) ایجاد می شود که ظاهری سیاه رنگ (سیاه-آبی) به قطعه داده و مقاومت به خوردگی قطعه را به طور قابل ملاحظه ای افزایش می دهد. لایه اکسیدی عمدتاً از تبدیل قسمت های سطحی لایه ترکیبی در مجاورت اکسیژن به وجود می آید. بنابراین، این روش تنها به دنبال نیتروژن دهی یا نیتروژن-کربن دهی قابل اجراست و بر روی قطعه خام قابلیت اجرا ندارد. میزان افزایش مقاومت به خوردگی به ضخامت لایه اکسیدی ایجاد شده وابسته است که خود تابعی از زمان و دمای فرایند اکسیداسیون تکمیلی است.

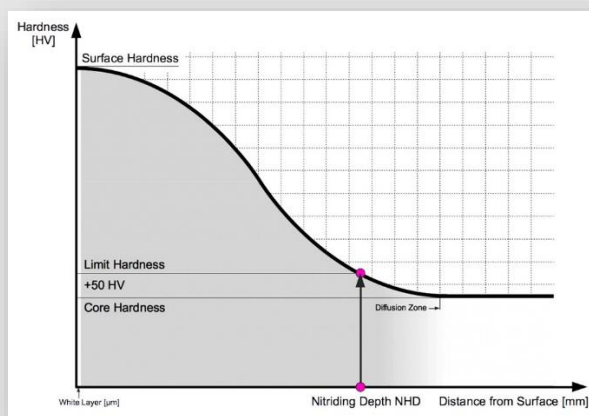


۲ نتایج نیتروژن دهی

لایه نیتروژن دهی شامل دو قسمت اصلی است: لایه بیرونی که به آن لایه سفید یا ترکیبی (Compound Layer – White Layer) می گویند و لایه داخلی که به آن لایه نفوذی (Diffusion Layer) گفته می شود. لایه سفید از نیتریدهای آهن اپسیلن (ϵ) و گاما پرایم (γ') تشکیل شده و ضخامت آن چند میکرون است. در مقایسه با روش های دیگر نیتروژن دهی، لایه ترکیبی ایجاد شده در نیتروژن دهی پلاسمایی به دلیل فشرده تر بودن و تخلخل کمتر، دارای خواص بهتری است. در زیر، لایه ترکیبی لایه نفوذی وجود دارد که شامل فلز پایه و نیتریدهای تشکیل شده است و ضخامت آن به چند صد میکرون می رسد.



هرچه عناصر تشکیل‌دهنده نیتريد (آلومینیوم، کرم، مولیبدن، منگنز، وانادیم، و تیتانیوم) در ساختار فلز فولاد بیشتر باشد، سختی سطحی به‌دست‌آمده بیشتر خواهد بود. به همین دلیل سختی به‌دست‌آمده در نیتروژن‌دهی فولادهای غیر آلیاژی تنها $250-300$ ویکرز بوده، درحالی‌که سختی به‌دست‌آمده در نیتروژن‌دهی فولادهای کم‌آلیاژ $600-700$ ویکرز و فولادهای پرآلیاژ $800-1200$ ویکرز است. علاوه بر سختی، مشخصه دیگر لایه نیتروژن‌دهی عمق نفوذ سختی می‌باشد. براساس استاندارد DIN 50190 part 3 عمق نفوذ سختی (NHT)، به فاصله‌ای از سطح گفته می‌شود که سختی حداقل 50 ویکرز از سختی پایه بالاتر باشد. استانداردهای دیگری نیز برای تعریف عمق نفوذ وجود دارد، به همین دلیل استاندارد مورد استفاده باید پیش از انجام کار به توافق کارفرما و پیمانکار برسد.



۳ قابلیت‌های عملکردی دستگاه

- نیتروژن دهی پلاسمایی
- نیتروژن-کربن دهی پلاسمایی
- اکسیداسیون تکمیلی
- قابلیت خنک کردن قطعات در خلأ، گاز خنثی (نیتروژن-آرگون) یا پلاسما



مواد فنّاور مھر

دفترچہ اطلاعات فنی

دستگاہ MFM 60-40

۱ اطلاعات فنی

ولتاژ ورودی	$3 \times (380 - 400) - 50\text{Hz}$
حداکثر توان خروجی DC	35 kW
ولتاژ خروجی	(0- 600) V
جریان خروجی	(0-50) A
فرکانس	(0-10) kHz
ابعاد کارگیر	$40 \times 60 \text{ cm}$
حداکثر وزن قابل شارژ	300 kg
فشار فرایند	(0.5-10) mbar
دمای فرایند	(400-600)°C
گازهای فرایندی	نیتروژن، هیدروژن، آرگون، متان
خنک‌کننده سیستم آبگرد	برج خنک‌کننده (بر عهده مشتری)
خنک‌کننده تابلو برق	فن‌های تابلویی

۲ توضیحات فنی

۲-۱ محفظه خلأ

محفظه خلأ شامل قسمت پایینی و بالایی است، که هر دو دوجداره هستند و آب در آن‌ها چرخش دارد. به منظور کاهش اتلاف حرارت دو یا سه محافظ از جنس فولاد زنگ‌نزن روی جداره داخلی قسمت‌های پایین و بالایی محفظه خلأ وجود دارد. روی قسمت پایینی، ۲ اورینگ خلأ از جنس سیلیکون وجود دارد. به منظور بلند کردن قسمت بالایی و شارژ کوره، از جرثقیل استفاده می‌شود.

قطعات روی صفحه کار چیده می‌شوند، که به قطب منفی سیستم متصل است (دیواره مخزن به قطب مثبت سیستم متصل می‌شود). پس از پایین آمدن قسمت بالایی و سیل شدن مخزن، پروسه آغاز می‌شود. هاله پلاسما حین کار از پنجره‌های دید تعبیه شده روی مخزن قابل مشاهده است.

دمای قطعات به وسیله چندین ترموکوپل انعطاف‌پذیر نوع k به ضخامت ۱.۵mm، که در فواصل مختلف از کف تعبیه شده‌اند، کنترل می‌شود.

۲-۲ سیستم گاز-خلأ

سیستم گاز-خلأ محافظ را از هوا تخلیه و گازهای عملیاتی را وارد محفظه می‌کند. این سیستم شامل پمپ خلأ، شیرهای الکتروپنوماتیک، کپسول‌های گاز، رگلاتورهای کاهنده فشار، کنترل‌کننده‌های دبی جرمی (mfc)، گیج‌های خلأ، شیرتناسبی، و اتصالات خلأ می‌شود.

فرایند پوشش دهی با ترکیبی از گازهای نیتروژن و هیدروژن (به منظور نیتروژن دهی پلاسمایی) و یا نیتروژن-هیدروژن و متان (به منظور نیتروژن کربن دهی پلاسمایی) انجام می شود. پس از پایان فرایند، می توان به منظور افزایش سرعت خنک شدن محفظه، آن را از گاز نیتروژن پر کرد.

پمپ وکیوم: پمپ روتاری EVD-48
شیرهای خلأ الکتروپنوماتیک: شرکت ایده آل وکیوم
گیج وکیوم: CDG025D (0-10 Torr)
کنترل کننده های جریان جرم: نیتروژن: ۱۰۰۰ sccm (برند بریزنس) هیدروژن: ۱۰۰۰ sccm (برند بریزنس) متان: ۱۰۰ sccm (برند بریزنس) آرگون: ۱۰۰ sccm (برند بریزنس)
حداکثر زمان رسیدن به فشار ۰.۷mbar : ۳۰ دقیقه

۳-۲ تابلو برق

۱-۳-۲ سیستم تولید پلاسما

سیستم تولید پلاسما شامل یک ترانسفورمر **مرماتور** ۳ فاز افزاینده، یکسوساز تریستوری، یک پالسر (IGBT) و دو عدد سلف می باشد. به منظور حفاظت از سیستم پلاسما، حفاظت هایی مانند حداکثر جریان، حداکثر ولتاژ، و... و نیز سیستم شناسایی و مهار آرک تعبیه شده است.



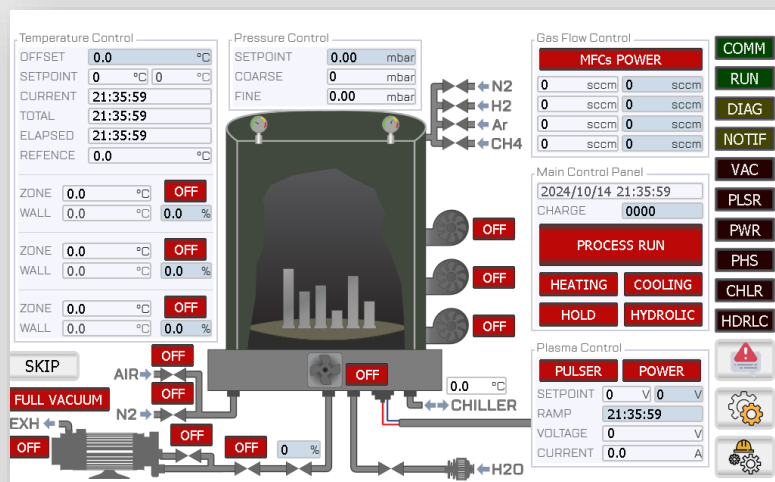
ولتاژ تغذیه	$3 \times (380 - 400) - 50\text{Hz}$
حداکثر توان خروجی DC	35 kW
ولتاژ خروجی	(0-600) V
جریان خروجی	(0-100) A
فرکانس	(0-10) KHz قابل تنظیم
چرخه کاری	(0-95%) قابل تنظیم

۲-۳-۲ قطعات الکتریکی

شامل کلیدها، کنتاکتورها، فیلترها، ترانسفورماتورهای تغذیه و غیره است. که همه آنها برای دسترسی و نگهداری آسان بر روی یک سینی عمودی نصب شده اند.

۲-۴ سیستم کنترل

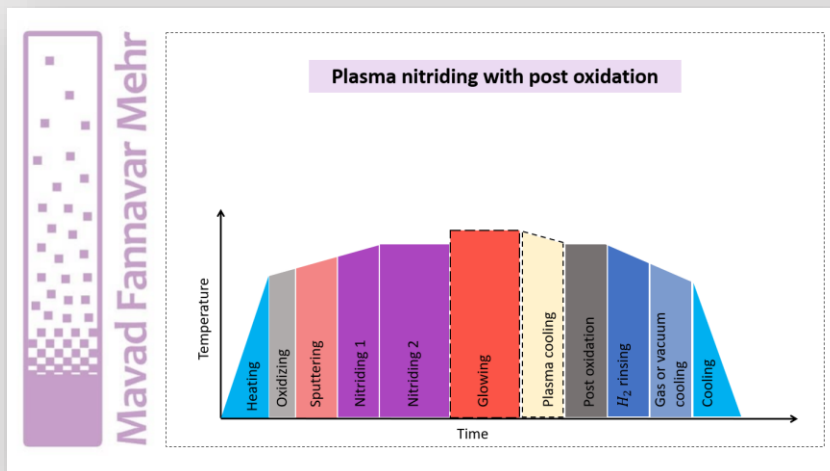
سیستم کنترل شامل یک PC صنعتی، PLC، و HMI است. برنامه Mehrsoft که در شرکت مواد فناوری مهر توسعه پیدا کرده است، روی PC نصب می شود و کنترل سیستم پوشش دهی را انجام می دهد.



نمایی از برنامه Mehrsoft

برای ورود به برنامه نیاز به وارد کردن کلمه رمز می‌باشد، و هر کاربر دارای حد معینی از دسترسی به برنامه است که از قبل برای وی تعریف شده است. هر زمان که اپراتور نیاز به تعریف برنامه نیتروژن‌دهی جدید داشته باشد، اطلاعاتی از قبیل نام مشتری، جنس قطعات، تعداد قطعات، نوع عملیات، و... توسط وی در برنامه ثبت می‌شود؛ سپس مراحل فرایند نیتروژن‌دهی و پارامترهای هر مرحله توسط اپراتور در برنامه وارد می‌شود. اجزای اصلی فرایند نیتروژن‌دهی پلاسمایی به ترتیب زیر است:

- Heating
- Oxidizing
- Sputtering
- Nitriding1
- Nitriding2
- Glowing
- Plasma cooling
- Post oxidation
- *H₂ Rinsing*
- Gas or vacuum cooling
- Final Cooling



با اجرای برنامه داده شده توسط اپراتور، تمام مراحل فرایند به ترتیب و به صورت کاملاً اتوماتیک اجرا می شود. پس از پایان برنامه، اطلاعات شارژ مانند برنامه شارژ، پارامترهای هر مرحله از برنامه، زمان شروع و پایان، نمودارهای ولتاژ بر حسب زمان، دما بر حسب زمان، هشدارهای داده شده توسط دستگاه، و... در فضای حافظه PC ذخیره می شود و در آینده قابل دسترسی خواهد بود. همچنین پس از پایان برنامه، می توان مقادیر سختی و عمق نفوذ به دست آمده از قطعات و تصاویر میکروسکوپی لایه ایجاد شده را در برنامه همان شارژ ذخیره کرد.

۳ قطعات یدکی

۶ عدد	سرامیک برای پایه های عایق
۳ عدد	ترموکوبل انعطاف پذیر
۱ مجموعه	اورینگ های محفظه خلأ
۲ عدد	سنتر رینگ NW16
۲ عدد	سنتر رینگ NW25
۲ عدد	سنتر رینگ NW40
۱۰ لیتر	روغن پمپ خلأ
۱ بسته	گریس خلأ
۲ عدد	IGBT

۴ دستورالعمل بهره برداری

دستورالعمل کامل بهره برداری - که شامل آموزش های اپراتوری، دستورالعمل های تعمیر و نگهداری، و... می باشد - به زبان های فارسی و انگلیسی در اختیار خریدار قرار خواهد گرفت.