

# ماسک‌های نانو و تأثیر آن در پیشگیری از انتقال بیماری

سال انتشار: ۱۴۰۰



## شناسنامه

### ستاد ویژه توسعه فناوری نانو

گروه رصد و تولید محتوای بخش ترویج صنعتی

|               |                                                |                         |                               |
|---------------|------------------------------------------------|-------------------------|-------------------------------|
| طراحی و اجرا: | توسعه فناوری مهر ویژن                          | تلفن:                   | ۰۲۱-۶۳۱۰۰                     |
| نظارت:        | داود قزایلو                                    | نمابر:                  | ۰۲۱-۶۳۱۰۶۳۱۰                  |
|               | report@nano.ir                                 | پایگاه اینترنتی:        | www.nano.ir<br>www.INDnano.ir |
| صندوق پستی:   | ۱۴۵۶۵-۳۴۴                                      | اینستاگرام نانو و صنعت: | @INDnano.ir                   |
| تهیه‌کننده:   | امید الهی، شرکت توسعه مهندسی<br>الماسواره دانش | پست الکترونیک:          | IND@nano.ir                   |

## فهرست مطالب

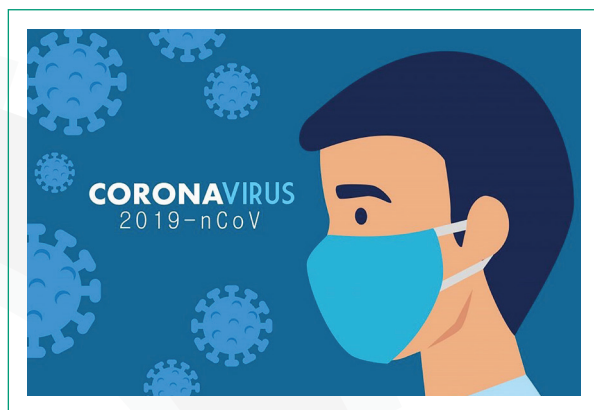
|    |                                          |
|----|------------------------------------------|
| ۳  | مقدمه                                    |
| ۴  | انواع ماسک‌ها و استانداردهای مربوطه      |
| ۵  | بازار جهانی ماسک                         |
| ۶  | فناوری نانو در ماسک                      |
| ۷  | شرکت‌های تولیدکننده ماسک                 |
| ۱۰ | فناوری ساخت                              |
| ۱۱ | رخداد کرونا و ظرفیت‌های تولید ماسک ایران |
| ۱۱ | خلاصه                                    |

## مقدمه

با شیوع گسترده ویروس کرونا، توجه بیشتری به ماسک‌ها و نقش آن‌ها در حفظ سلامت انسان شده است. ماسک‌ها می‌توانند با جلوگیری از عبور ویروس‌ها، زنجیره انتقال را قطع کرده و از پیشرفت بیشتر این ویروس جلوگیری کنند. در حالی که پژوهشگران در حال بررسی مکانیزم اثر این ویروس و ساخت واکسن هستند، فاصله‌گذاری اجتماعی و استفاده از ماسک از بهترین روش‌های پیشگیری از انتقال این ویروس هستند.

فناوری نانو به دلیل ابعاد نزدیکی که به بسیاری از عوامل بیماری‌زا از جمله ویروس‌ها دارد، کاربردهای فراوانی در زمینه‌های پزشکی از خود نشان داده است. از کاربردهای فناوری نانو در پزشکی و به‌ویژه برای مهار ویروس کرونا می‌توان به ساخت واکسن، سیستم‌های تصفیه هوا، ماسک‌ها، ضد عفونی‌کننده‌ها، تست‌های تشخیصی و داروها اشاره کرد. البته در این گزارش تنها به کاربردهای فناوری نانو در ساخت ماسک پرداخته خواهد شد.

به‌طور کلی و بر اساس میزان تصفیه، می‌توان ماسک‌ها را به سه دسته ماسک‌های تنفسی<sup>۱</sup>، ماسک‌های جراحی<sup>۲</sup> و ماسک‌های پارچه‌ای تقسیم‌بندی کرد. در بین این گروه‌ها، ماسک‌های پارچه‌ای کمترین تأثیر را روی ویروس دارند اما از آنجایی که می‌توانند جلوی انتشار قطرات تنفسی<sup>۳</sup> بزرگ را بگیرند، در مواردی که دسترسی به ماسک محدود است، استفاده از آن‌ها توصیه می‌شود. [۱]



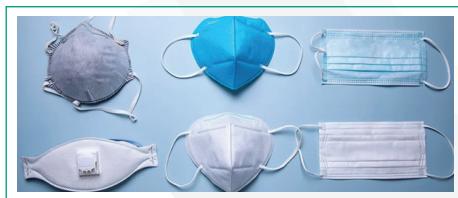
ماسک‌های تنفسی (که عمدتاً با استانداردهای N95، N99 و FFP2 شناخته می‌شوند) بیشترین قابلیت فیلترکردن<sup>۴</sup> را در برابر ویروس‌ها دارند و می‌توانند به خوبی روی صورت فرد مصرف‌کننده قرار بگیرند. (بدون درز) ماسک‌های تنفسی عمدتاً از چهار لایه تشکیل شده‌اند. این لایه‌ها به ترتیب زیر هستند.

- لایه بافته‌نشده: برای فیلترکردن ذرات بزرگ‌تر از ۵۰۰ نانومتر
- لایه کربن فعال<sup>۵</sup>: برای فیلترکردن ترکیبات شیمیایی
- لایه از جنس کتان<sup>۶</sup>: برای فیلترکردن ذرات ۳۰۰ نانومتری
- یک لایه بافته‌نشده دیگر (مشابه لایه اول)

بعضی از ماسک‌های تنفسی ممکن است برای راحتی بیشتر تنفس، یک سوپاپ نیز داشته باشند.

ماسک‌های جراحی پرکاربردترین ماسک‌ها در حال حاضر هستند. این ماسک‌ها به خوبی روی صورت قرار نمی‌گیرند و ممکن است که بین ماسک و صورت درز وجود داشته باشد. هدف اصلی آن‌ها جلوگیری از قطرات تنفسی بزرگ در حین یک عمل جراحی معمول است؛ اما قابلیت فیلتر کردن ذرات کوچک‌تر را ندارند. ماسک‌های جراحی عمدتاً دارای سه لایه هستند. لایه داخل و خارجی آن‌ها از پارچه بافته نشده<sup>۶</sup> هستند و لایه میانی لایه‌ای است که وظیفه فیلتر کردن ذرات را دارد. معمولاً لایه داخلی که با پوست در تماس است جاذب آب بوده و لایه بیرونی آب‌گریز است. لایه میانی نیز عمدتاً از جنس پلی‌پروپیلن<sup>۸</sup> است. [۱]

دیگر تجهیزات محافظی مانند ماسک‌های شیمیایی و... معمولاً توسط افراد عادی استفاده نمی‌شوند.



شکل ۱- انواع مختلف ماسک‌ها

## انواع ماسک‌ها و استانداردهای مربوطه

بسیاری ممکن است ماسک‌ها را با نام ماسک N95، ماسک N99 یا ماسک FFP2 بشناسند؛ اما بهتر است بدانید که این‌ها تنها استانداردهای مربوط به ماسک‌ها هستند و ممکن است یک ماسک هم دارای استاندارد N95 و هم دارای استاندارد FFP2 باشد.

### ■ ماسک‌های سری N

استاندارد سری N مربوط به منطقه آمریکاست. این سری از ماسک‌ها در گروه‌های N95، N99 و N100 موجود هستند. بیش از این به جزئیات مربوط به این‌ها پرداخته نخواهد شد. تنها اشاره به همین نکته کافیست که این ماسک‌ها به ترتیب ۹۵ درصد، ۹۹ درصد و ۱۰۰ درصد ذرات با ابعاد خاصی را فیلتر می‌کنند.

### ■ ماسک‌های سری FFP

این استاندارد مربوط به کشورهای حوزه اروپاست که در سه گروه FFP1، FFP2 و FFP3 موجود هستند که میزان فیلتر کردن آن‌ها به ترتیب از کم به زیاد است.

## جدول ۱- استانداردهای مربوط به ماسک‌های تنفسی [۲]

| نوع ماسک‌ها                                                                         | استانداردها   | بازدهی فیلتراسیون                  |
|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------|------------------------------------|
|  | چین: YY/T0969 | ۳٫۰ میکرون: < ۹۵٪<br>۰٫۱ میکرون: X |

|                                                  |                                                  |                                                  |                             |                                                                                   |
|--------------------------------------------------|--------------------------------------------------|--------------------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| $3,0$ میکرون: $< 95\%$<br>$0,1$ میکرون: $< 30\%$ |                                                  |                                                  | چین: YY0469                 |  |
| $3,0$ میکرون: $< 98\%$<br>$0,1$ میکرون: $< 98\%$ | $3,0$ میکرون: $< 98\%$<br>$0,1$ میکرون: $< 98\%$ | $3,0$ میکرون: $< 95\%$<br>$0,1$ میکرون: $< 95\%$ | آمریکا:<br>ASTM F2100       |                                                                                   |
| $3,0$ میکرون: $< 98\%$<br>$0,1$ میکرون: $\times$ | $3,0$ میکرون: $< 98\%$<br>$0,1$ میکرون: $\times$ | $3,0$ میکرون: $< 95\%$<br>$0,1$ میکرون: $\times$ | اروپا:<br>EN 14683          |                                                                                   |
| N95 / KN95                                       | N99 / KN99                                       | N100 / KN100                                     | آمریکا:<br>NIOSH<br>42CFR84 |  |
| $3,0$ میکرون: $< 95\%$                           | $3,0$ میکرون: $< 99\%$                           | $3,0$ میکرون: $< 99,97\%$                        | چین:<br>GB 2626             |                                                                                   |
| FFP1                                             | FFP2                                             | FFP3                                             | اروپا:<br>EN 149:2001       |                                                                                   |
| $3,0$ میکرون: $< 80\%$                           | $3,0$ میکرون: $< 94\%$                           | $3,0$ میکرون: $< 99\%$                           |                             |                                                                                   |

#### راهنمای جدول ۱:

$3,0$  میکرون: استاندارد بازدهی فیلتراسیون باکتری (BFE)

$0,1$  میکرون: استاندارد بازدهی فیلتراسیون ذرات (PFE)

$3,0$  میکرون: برای این استفاده می‌شود که سایر ذراتی که بیشترین نفوذ را دارند را نشان بدهد. (MPPS)

$\times$ : بدون نیاز به تست

### بازار جهانی ماسک

به دلیل همه‌گیری شیوع کرونا، تغییرات بسیار زیادی در مقیاس بازار جهانی ماسک ایجاد شده است. این بازار در سال ۲۰۱۹، قبل از شروع ویروس کرونا) چیزی در حدود ۷۴۰ میلیون دلار ارزش داشته است؛ اما ارزش این بازار در سال ۲۰۲۰، ۱۲,۷ میلیارد دلار بود. (چیزی حدود ۱۷ برابر افزایش حجم بازار)

برای سال‌های آینده نیز پیش‌بینی‌های زیادی درباره ابعاد این بازار وجود دارد. همه پیش‌بینی‌ها حاکی از این هستند که ابعاد این بازار هیچ‌وقت به قبل از کرونا باز نخواهد گشت اما نسبت به عدد ۱۲,۷ میلیارد دلار که در سال ۲۰۲۰ ثبت کرده است، کاهش خواهد داشت. به نظر می‌رسد پیش‌بینی Global Market Insights برای سال‌های آینده پیش‌بینی معقول‌تری باشد. بر اساس پیش‌بینی این شرکت، این عدد تا سال ۲۰۲۷ به ۷,۱ میلیارد دلار خواهد رسید که نسبت به دوران قبل از کرونا رشد بسیار چشمگیری داشته است. [۳][۴]

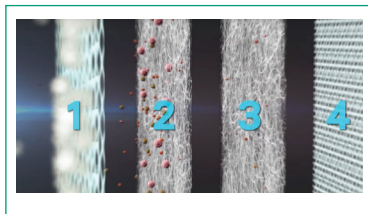
در حال حاضر تولیدات ماسک‌های صورت برای مصرف همه کافی است؛ اما بسیاری از ماسک‌های موجود در بازار، کیفیت مناسب را ندارند. به نظر می‌رسد در زمینه ماسک‌های تنفسی که قابلیت فیلترکردن بیشتری دارند، هنوز در بازار کمبود وجود دارد و میزان تقاضا همچنان از عرضه بیشتر است. همچنان میزان زیادی ماسک از کشورهای دیگر به ایران وارد می‌شود. البته قیمت بسیاری از این ماسک‌ها به صورتی است که تولیدکنندگان داخل امکان رقابت با آن‌ها را ندارند؛ اما در زمینه ماسک‌های تنفسی با کیفیت فیلتراسیون<sup>۹</sup> بالا مانند ماسک‌های N95، هنوز خلأهای زیادی وجود دارد و تولیدکنندگان داخل می‌توانند ماسک‌های نانو با قابلیت‌های بیشتر را با قیمتی به مراتب کمتر نسبت به رقبای خارجی تولید کنند. [۵][۶]

### فناوری نانو در ماسک

روش‌ها و فناوری‌های مختلفی برای به‌کارگیری فناوری نانو و نانومواد در ساخت ماسک‌ها وجود دارد. از این روش‌ها می‌توان به استفاده از نانوالیاف<sup>۱۰</sup>، نانوکامپوزیت‌ها<sup>۱۱</sup> و نانوذرات اشاره کرد. [۷] به‌طور کلی «ماسک نانو» به ماسکی گفته می‌شود که خواص آن با بهره‌گیری از فناوری نانو بهبود یافته باشد. در ادامه به هرکدام از این فناوری‌ها بیشتر پرداخته خواهد شد.

#### ■ فیلتراسیون نانو

ماسک‌های سنتی در بین الیافشان فواصلی در حدود ۳۰-۱۰ میکرومتر دارند که برای فیلترکردن ویروس‌ها مناسب نیستند. همچنین اگر این فاصله بین آن‌ها کاهش داده شود، عبور اکسیژن و تنفس سخت‌تر خواهد شد که منجر به سختی تنفس برای استفاده‌کننده خواهد شد. استفاده از ماسک‌های نانویی می‌تواند ضمن فیلترکردن مناسب ویروس‌ها، سختی تنفس را کاهش داده و به همین دلیل نیز فشار وارد بر پوست و آسیب‌های ناشی از آن کاهش خواهد یافت. در حال حاضر اصلی‌ترین فناوری‌هایی که در ساخت ماسک‌ها استفاده می‌شود، استفاده از نانوالیاف و بهبود فیلتراسیون ماسک‌هاست. ماسک‌های نانو به دلیل اینکه ابعاد سوراخ‌ها و منافذ فیلترشان از انواع باکتری‌ها، قارچ‌ها، ویروس‌ها و ذرات آلوده کوچک‌تر است، امکان جداسازی این ذرات و جلوگیری از عبور آن‌ها را دارند. لازم به ذکر است که ابعاد آن‌ها به حدی است که قابلیت عبور اکسیژن و هوا به‌سادگی از میان منافذ وجود دارد. [۸] همچنین در حال حاضر نیز با استفاده از فناوری نانو، به ماسک‌ها قابلیت‌های آنتی‌میکروبی اضافه می‌شود که تأثیر بسیار زیادی بر سرعت روند گسترش بیماری‌ها و به‌طور ویژه ویروس کرونا دارد. یکی از علل مهمی که موجب بوی بد در ماسک‌ها پس از استفاده طولانی مدت می‌شود، تجمع باکتری‌های دهان



شکل ۲- لایه‌های مختلف یک ماسک نانویی چندلایه و روند فیلترکردن ذرات در داخل آن

روی ماسک است. با اضافه شدن ویژگی آنتی‌میکروبی به ماسک‌ها، این باکتری‌ها امکان تجمع کمتری خواهند داشت که باعث کاهش بوی بد ماسک می‌شود. همان‌طور که در تصویر دیده می‌شود، معمولاً چندلایه مختلف برای فیلترکردن ابعاد مختلف ذرات طراحی می‌شوند تا ماسک بهترین بازدهی و تنفس‌پذیری را داشته باشد. معمولاً لایه داخلی از جنسی نرم است تا پوست را اذیت نکند.

## ■ غشاهای نانوالیاف

این غشاها بر پایه شبکه‌ای بافته نشده از نانوالیاف هستند. (که عمدتاً هم از روش الکتروریسی تولید می‌شوند) فاصله میان این الیاف در ابعاد نانومتر است و به همین دلیل هم ذراتی مانند باکتری و ویروس امکان عبور از این غشا را ندارند. این در حالی است که مولکول‌های هوا به راحتی امکان عبور از این شبکه را دارند. غشاهای نانویی تنفس بهتری نسبت به غشاهای سنتی دارند و به همین دلیل نیز تنفس برای فرد مصرف‌کننده بسیار راحت‌تر از ماسک‌های N95 معمولی خواهد بود.

## ■ غشاهای کامپوزیتی

در این حالت در ساخت ماسک‌ها از روش‌های ترکیبی استفاده می‌شود. یکی از راهکارها، استفاده از غشاهای نانوالیاف به همراه نانوذرات ضدباکتری<sup>۱۲</sup> یا ضدویروس<sup>۱۳</sup> است که به فیلترکردن و از بین بردن بیشتر ویروس کمک می‌کند. برای ساخت این کامپوزیت‌ها از نانوذراتی مانند اکسید مس یا گرافن<sup>۱۴</sup> استفاده می‌شود. در این حالت با استفاده از فناوری نانو از راهکارهای خلاقانه و هوشمندانه‌ای برای بهبود عملکرد ماسک‌ها استفاده می‌شود. یکی از جدیدترین رویکردهایی که در حال حاضر استفاده می‌شود، ساخت ماسک‌هایی با قابلیت از بین بردن باکتری‌ها و ویروس‌هاست.

تا چند سال پیش، صرفاً ماسک‌ها امکان به دام انداختن آلودگی‌هایی مانند میکروب‌ها را داشتند؛ اما امروزه ماسک‌هایی ساخته شده‌اند که علاوه بر به دام انداختن میکروب‌ها داخل فیلترشان، امکان از بین بردن آن‌ها را نیز دارند. در حال حاضر رویکردهای کامپوزیتی به دلیل بهبود بیشتر ماسک‌ها و اضافه کردن ویژگی‌های بیشتر، طرفداران بیشتری پیدا کرده است و روزه‌روز، شرکت‌های بیشتری به این سمت روی می‌آورند.

## ■ فناوری گرافن

گرافن ماده‌ای است که از خود خواص ضدباکتریایی خوبی نشان داده است. همین موضوع نیز باعث شده که پژوهشگران به فکر استفاده از این ماده در ماسک‌ها و برای مقابله با ویروس کرونا بیفتند. در حال حاضر ماسک‌های مختلفی با استفاده از این فناوری تولید شده‌اند و در بازار به فروش می‌رسند. البته لازم به ذکر است که هنوز خواص ضدویروسی گرافن‌ها به قطعیت اثبات نشده است؛ اما با این وجود، شرکت‌های زیادی به استفاده از این فناوری برای ساخت ماسک‌ها روی آورده‌اند. [۹]

## ■ شرکت‌های تولیدکننده ماسک

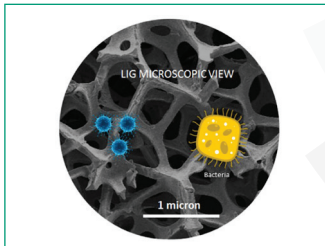
همان‌طور که پیشتر نیز اشاره شد، به نظر می‌رسد در حال حاضر در دوران رشد و نمو ماسک‌های نانو هستیم که با توجه به همه‌گیری کرونا، پیشرفت فناوری آن‌ها سرعت گرفته و تولید و مصرف آن‌ها نیز بیشتر شده است. در ادامه به شرکت‌های خارجی و داخلی تولیدکننده ماسک و پیشرفت‌های این شرکت‌ها اشاره خواهد شد.

## ■ تولیدکننده‌های خارجی

تولیدکنندگان خارجی ماسک‌های نانو بسیار زیاد هستند که در ادامه تنها به برخی از آن‌ها و فناوری‌های جدیدی که استفاده می‌کنند، اشاره خواهد شد.

شرکت planarTECH با همکاری IDEATI اقدام به تولید ماسک‌های با استفاده از گرافن کرده که ادعا شده خواص خوبی به ماسک داده است و همچنین قابلیت ضدباکتریایی نیز دارند. این ماسک‌ها به صورت قابل شست‌وشو و چندبار مصرف عرضه شده‌اند.

پژوهشگران دانشگاه پلی تکنیک هنگ کنگ سیستمی طراحی کرده‌اند که با استفاده از آن می‌توان گرافن را روی ماسک‌های تجاری معمول که در حال حاضر استفاده می‌شوند، لایه‌نشانی<sup>۱۰</sup> کرد. این پوشش گرافنی ماسک‌ها را آب‌گریز می‌کند که جلوی چسبندگی قطرات تنفسی که همراه عوامل بیماری‌زا هستند را می‌گیرد. همچنین این گرافن به دلیل خواص جذب نوری که دارد، با قرارگیری در برابر نور خورشید نیز می‌تواند تا حدودی این ویروس‌ها و باکتری‌ها را از بین ببرد و به استریل کردن ماسک کمک کند. [۱۰]



شکل ۳- مقایسه ابعاد منافذ فیلتر ماسک با ذرات بیماری‌زا

شرکت LIGC Application Ltd فناوری جدیدی را معرفی کرده است که برای فیلترکردن و ازبین بردن میکروب‌ها و باکتری‌ها، از گرافن القا شده با لیزر استفاده می‌کند. این فیلترها حالتی رسانا دارند که جدای از قابلیت فیلترکردن بر اساس ابعاد ذرات، رسانابودن آن‌ها امکان استفاده از الکتروسیسته را نیز برای ازبین بردن باکتری‌ها و ویروس‌ها فراهم می‌کند. ماسک این شرکت با نام Guardian G-Volt شناخته می‌شود.

شرکت Directa Plus PLC یکی از تولیدکننده‌های پارچه‌های بر پایه فناوری گرافنی است. در حال حاضر ماسک‌هایی با کمک فیلترهای گرافنی تولید کرده که خاصیت ضدویروسی و ضدباکتریایی آن‌ها کاملاً اثبات شده است. حتی این ماسک‌ها به طور خاص در برابر کروناویروس جدید (SARS-CoV2) نیز تست شده و مقاوم هستند. در حال حاضر این ماسک‌ها به صورت تجاری و با کیفیت بالایی به فروش می‌رسند. نام تجاری این ماسک‌ها Graphene Plus Co-Mask است.

شرکت Nanovia یک شرکت مستقر در جمهوری چک است که ماسک‌ها را با استفاده از نانوالیاف لمینت کرده و همین موضوع نیز باعث بهبود خواص فیلتراسیون این ماسک‌ها می‌شود.

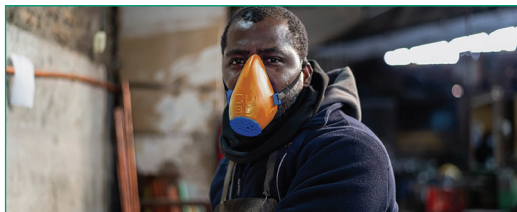
شرکت Metamask یک شرکت نیوزلندی تولیدکننده ماسک است. این شرکت ماسک‌های نانو چندبارمصرف با قابلیت تعویض فیلتر تولید می‌کند.



شکل ۴- ماسک شرکت Metamask

شرکت Avalon Nanofiber یک شرکت تایوانی تولیدکننده نانوالیاف است. این شرکت ماسکی با نام NanoPoly عرضه کرده است که دارای چهار لایه مختلف است. لایه بیرونی دارای ویژگی آب‌گریزی است. دو لایه میانی نانوالیاف هستند که وظیفه فیلتراسیون را بر عهده دارند و لایه درونی ماسک که با پوست در تماس است، از جنس ابریشم است که آسیبی به پوست وارد نکند. [۱۱]

شرکت Copper3D از ذرات اکسید مس برای خواص ضد میکروبی آن‌ها استفاده می‌کند. این شرکت ماسکی با نام NANO HACK تولید کرده است که قابلیت استفاده بسیار طولانی مدت را دارد. فیلتر این ماسک یک فیلتر کامپوزیتی است. [۱۲]



📌 شکل ۵- ماسک شرکت Copper 3D

## تولیدکننده‌های داخلی

در حال حاضر تولیدکننده‌های داخلی زیادی ماسک‌های فناوری نانو تولید می‌کنند. در ادامه تلاش شده فهرستی از این تولیدکننده‌ها ارائه شود.

## 📌 جدول ۲- فهرست شرکت‌های ایرانی تولیدکننده ماسک‌های نانو [۱۳]

| نام شرکت           | برند                | تعداد محصولات | مجوزها و گواهینامه‌ها                                                                                                 |
|--------------------|---------------------|---------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| آژینه ابزار پارس   | بوفالو              | ۱             | پروانه بهداشت سازمان غذا و دارو<br>گواهینامه ISO13485<br>گواهینامه نانومقیاس                                          |
| نانو فناوریان خاور | NFK (نانوماسک خاور) | ۱             | گواهینامه نانومقیاس                                                                                                   |
| اکسین سزاسپادان    | نانوکسین            | ۶             | گواهینامه نانومقیاس<br>آزمایشگاه نلسون آمریکا                                                                         |
| هوای پاک امرتات    | هپاکو (گرین لایف)   | ۲             | تأییدیه فنی سازمان انرژی اتمی<br>تأییدیه معاونت علمی<br>ریاست جمهوری                                                  |
| زیست ابزار پژوهان  | ریما (رسمی نانو)    | ۹             | پروانه بهداشت سازمان غذا و دارو<br>گواهینامه ISO13485<br>گواهینامه ISO10002<br>گواهینامه نانومقیاس<br>GMP Certificate |
| نانو تار پاک       | نانوپاک             | ۹             | پروانه بهداشت سازمان غذا و دارو<br>گواهینامه ISO13485<br>گواهینامه ISO9001<br>گواهینامه نانومقیاس                     |

| نام شرکت                     | برند     | تعداد محصولات | مجوزها و گواهینامه‌ها                                  |
|------------------------------|----------|---------------|--------------------------------------------------------|
| دانش بنیان نانو فناوری فاران | فاران    | ۲             | گواهینامه نانومقیاس                                    |
| نانوداروی<br>طب نویس لوتوس   | دکتر ثنا | ۱             | پروانه بهداشت سازمان غذا و دارو<br>گواهینامه نانومقیاس |
| نانوزیست صنعت اهورا          | صحت یار  | ۱             | پروانه بهداشت سازمان غذا و دارو<br>گواهینامه نانومقیاس |
| مدیسا پلیمر آریا             | مدیسا    | ۲             | گواهی نانومقیاس                                        |

در حال حاضر شرکت‌های ایرانی موفق به تولید انواع ماسک‌های تنفسی با استانداردهای مختلف شده‌اند که محصولات آن‌ها از طریق وب‌سایت‌های مختلف برای تمامی طیف‌های جامعه قابل خریداری هستند. از انواع ماسک‌های نانو تولید شده در ایران می‌توان به ماسک‌های N95، FFP3، FP2، FFP1 و N100 اشاره کرد. همچنین این ماسک‌ها در طرح‌ها و رنگ‌های مختلفی تولید شده‌اند. حتی بخش زیادی از این محصولات به شکل ماسک‌های سه بعدی طراحی شده‌اند تا برای طیف گسترده‌تری از مصرف‌کنندگان قابل استفاده باشد. از منظر دریافت استانداردهای لازم نیز این محصولات علاوه بر تأییدیه‌های نانویی مربوط به ستاد فناوری نانو، استانداردهای مرتبط با وزارت بهداشت و همچنین استانداردهای فیلتراسیون سازمان انرژی اتمی را نیز دریافت کرده‌اند. نکته‌ای که در زمینه ماسک‌های تولید داخل وجود دارد این است که سازمان مربوطه که تأییدیه‌ها و تست‌های فیلتراسیون ذرات را انجام می‌دهد، سازمان انرژی اتمی است و به همین دلیل نیز شرکت‌های تولیدکننده باید از این سازمان تأییدیه‌های لازم را داشته باشند تا یک ماسک معتبر به تولید و فروش برسانند.

## فناوری ساخت

در حال حاضر فناوری ساخت اصلی برای ماسک‌های نانو، الکتروریسی<sup>۱۶</sup> است. این فناوری برای ساخت لایه میانی یا در واقع فیلتر ماسک‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد. فناوری ساخت دستگاه‌های صنعتی و نیمه صنعتی الکتروریسی در حال حاضر در داخل کشور وجود دارد و این دستگاه‌ها به درخواست صنایع مختلف تولید شده و مورد استفاده قرار می‌گیرند. شرکت‌های فناوران نانومقیاس، فناوری نانو ساختار آسیا و فن‌آوران تجهیزات نانو آزما، شرکت‌های مطرح تولیدکننده الکتروریسی در ایران هستند.



شکل ۶- دستگاه الکترونیسی صنعتی صادراتی ساخت ایران

## رخداد کرونا و ظرفیت‌های تولید ماسک ایران

با شروع همه‌گیری ویروس کرونا و افزایش نیاز کشور به ماسک‌های تنفسی، شرکت‌های نانویی تولیدکننده این ماسک‌ها ظرفیت تولید خود را تا حد امکان افزایش دادند. همچنین برخی دستگاه‌های الکترونیسی صنعتی که برای صادرات بسته‌بندی شده و آماده ارسال بودند، با توجه به نیاز کشور از انبار خارج شده و برای تولید ماسک و به منظور افزایش ظرفیت تولید مورد استفاده قرار گرفتند. در اسفند سال ۱۳۹۸ نیز ستاد توسعه فناوری نانو از انعقاد قراردادی برای تولید ۱۵ میلیون ماسک نانو توسط شرکت‌های دانش‌بنیان و فناوری با وزارت بهداشت خبر داد. این تولیدات بخش عظیمی از نیاز کشور را در مسیر نبرد با ویروس کرونا پوشش دادند. این همه‌گیری و همچنین رخداد‌های پس از آن، تغییرات زیادی را در بازار شرکت‌های داخلی تولیدکننده ماسک نانویی ایجاد کرد. همچنین با توجه به تغییراتی که در ویروس کرونا ایجاد شده و سویه‌های جدید، همچنان اقبال به استفاده از ماسک‌های تنفسی (منظور مدل‌های N95 یا FFP2 است) رو به افزایش است. [۱۴]

## خلاصه

فناوری نانو می‌تواند بازدهی و کارکرد ماسک‌های صورت را به شدت ارتقا دهد. در حال حاضر در داخل کشور فضای تولید ماسک‌های با کیفیت بالا و فیلتراسیون بیشتر مانند ماسک‌های N95 وجود دارد. برخلاف ماسک‌های سه‌لایه معمولی، بازار ماسک‌های نانو هنوز اشباع نشده است. تجهیزات تولید این ماسک‌ها و فیلترهایشان به صورت کامل در ایران تولید شده و وجود دارد. به همین دلیل نیز به نظر می‌رسد حتی با وجود از بین رفتن ویروس کرونا، ابعاد این بازار نسبت به گذشته چند برابر شده و می‌تواند پتانسیل زیادی برای کسب و کارها داشته باشد.

## پی‌نوشت‌ها

- |                        |                    |
|------------------------|--------------------|
| ۱ Respiratory masks    | ۹ Filtration       |
| ۲ Surgical masks       | ۱۰ Nanofibers      |
| ۳ Respiratory droplets | ۱۱ Nanocomposites  |
| ۴ Filtering            | ۱۲ Antibacterial   |
| ۵ Activated Carbon     | ۱۳ Antiviral       |
| ۶ Cotton               | ۱۴ Graphene        |
| ۷ Non-woven fabric     | ۱۵ Coating         |
| ۸ Polypropylene        | ۱۶ Electrospinning |

## مراجع

- ۱ Palmieri, V., De Maio, F., De Spirito, M., & Papi, M. (2021). Face masks and nanotechnology: Keep the blue side up. *Nano Today*, 37, 101077.
- ۲ <https://smartairfilters.com/en/blog/comparison-mask-standards-rating-effectiveness/>
- ۳ <https://www.statista.com/statistics/857025/global-facial-masks-market-value/>
- ۴ <https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/face-mask-market-244623608.html>
- ۵ خلاصه وضعیت تجارت ماسک صورت در سال ۱۳۹۹، مهسا رجبی‌نژاد، معاونت بررسی‌های اقتصادی اتاق بازرگانی، صنایع، معادن و کشاورزی ایران، اردیبهشت ۱۴۰۰
- ۶ <https://tejaratnews.com//> وضعیت-تولید-ماسک-در-ایران
- ۷ <https://statnano.com/technology-against-covid-19-nano-insights>
- ۸ Essa, W. K., Yasin, S. A., Saeed, I. A., & Ali, G. A. (2021). Nanofiber-Based Face Masks and Respirators as COVID-19 Protection: A Review. *Membranes*, 11(4), 250.
- ۹ Huang, L., Xu, S., Wang, Z., Xue, K., Su, J., Song, Y., ... & Ye, R. (2020). Self-Reporting and photothermally enhanced rapid bacterial killing on a laser-induced graphene mask. *ACS nano*, 14(9), 12045-12053.
- ۱۰ Zhong, H., Zhu, Z., Lin, J., Cheung, C. F., Lu, V. L., Yan, F., ... & Li, G. (2020). Reusable and recyclable graphene masks with outstanding superhydrophobic and photothermal performances. *ACS nano*, 14(5), 6213-6221.
- ۱۱ <https://www.avalon-nanofiber.com/product/nanopoly-nanofiber-mask/>
- ۱۲ <https://copper3d.com/nanohack-maverick/>
- ۱۳ <https://newtechmart.ir>
- ۱۴ <https://www.isna.ir/news/98120705451/>