Archive of SID

نشریه ماشین‌های کشاورزی
جلد ۵، شماره ۲، نیمسال دوم ۱۳۹۴، ص ۴۰۲-۳۹۳

Journal of Agricultural Machinery
Vol. 5, No. 2, Fall - Winter 2015, p. 393-402

ساخت و ارزیابی افشانک مخروطی توخالی با استفاده از نانوکامپوزیت‌های سرامیکی

فرید امیرشقاقی[1*] - هومن شریف نسب[2]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۰۸/۲۹
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۱۱/۰۵

چکیده

افشانک‌ها مهم‌ترین و انتهایی‌ترین قسمت یک سمپاش هستند، که برای پخش مایع سم به‌صورت یکنواخت در یک دبی مشخص به‌کار می‌روند. این تحقیق به‌منظور ارتقاء کیفیت افشانک‌ها با افزودن نانو مواد در مقیاس میکرونی و نانوئی به سرامیک انجام شد. برای ساخت افشانک مخروطی توخالی از ماده سرامیکی آلومینا که با مواد شیمیایی خورنده کمترین واکنش را داشته و از نظر اقتصادی مقرون به صرفه است، استفاده شد و برای بهبود مقاومت در برابر شکنندگی و افزایش میزان چقرمگی آن، زیرکونیای پایدار شده با ایتریم اضافه گردید. برای تولید افشانک از روش پرس تک محور استفاده شد و در نهایت برای تولید قطعه نهایی، عمل تف‌جوشی در دمای ۱۶۵۰ درجه سلسیوس به مدت یک ساعت انجام پذیرفت. افشانک ساخته شده به قطر اصلی ۱۵ میلی‌متر و قطر روزنه ۲ میلی‌متر بود. برای بررسی نوع فازهای سرامیکی تشکیل شده، ساختار نانو کامپوزیت و نحوه پخش ذرات در داخل زمینه سرامیکی به‌ترتیب از میکروسکوپ الکترونی روبشی و دستگاه پراش اشعه ایکس استفاده شد. نتایج حاصله نشان از تشکیل فازهای آلفا-آلومینا و زیرکونیای پایدار شده با ایتریا است و همچنین علاوه بر اینکه ساختار نانو کامپوزیتی تشکیل شده توزیع یکنواختی نیز از ذرات مشاهده می‌شود. نتایج آزمون افزایش میزان دبی خروجی نسبت به زمان نشان داد میزان افزایش دبی در افشانک کامپوزیت آلومینا، ایتریم و زیرکونیا در مقایسه با افشانک سرامیکی مرسوم پس از ۵۰ ساعت آزمون تحت شرایط استاتیکی، به میزان ۳۵-۳۰ درصد کاهش یافته بود.

واژه‌های کلیدی: آلفا-آلومینا، افشانک، زیرکونیای پایدار شده، نانو ساختار

مقدمه

افشانک[3] وسیله‌ای است که محلول مورد پاشش را به‌صورت ذرات ریز با الگوی معین پخش می‌نماید. نوک افشانک در بدنه افشانک قرار می‌گیرد و بسته به نوع سمپاش و ابعاد مختلف افشانک‌ها، نوک‌ها با هم متفاوت می‌باشند. عوامل اصلی در انتخاب نوک عبارتند از: جنس مواد، الگوی پخش، زاویه پاشش و میزان محلول‌دهی. نوک افشانک ممکن است از آلومینیوم، برنج، نایلون، فولاد ضدزنگ یا از مواد دیگری ساخته شود. انتخاب نوع مواد به قیمت، میزان سایش و نوع سم بستگی دارد. در حالت کلی افشانک‌ها از نظر الگوی پاشش دو نوع بادبزنی و مخروطی می‌باشند. افشانک بادبزنی دارای یک شکاف خطی است که محلول تحت فشار با الگوی پاشش به شکل صفحه تخت بادبزنی از آن خارج و اثر آن روی هدف خطی می‌باشد. در افشانک مخروطی الگوی پاشش به دو شکل توپر و توخالی می‌باشد (Anonymous, 2004).

در جهت بهبود روش کاربرد آفت‌کش‌ها و مصرف بهینه سموم و جلوگیری از آلودگی محیط زیست، دست‌اندرکاران و اندیشمندان، دو روند اساسی را مدنظر قرار داده‌اند:

۱- اصلاح ادوات: در این بخش اهمیت بیشتری به اصلاح طراحی قطعات سمپاش داده می‌شود که عمدتاً دربرگیرنده کنترل‌کننده‌های مهندسی برای کاهش آلودگی، طراحی و ساخت افشانک‌های مناسب می‌باشد. در این حالت بهینه‌سازی مصرف سم با حداقل هزینه صورت می‌گیرد.

۲- بهبود فناوری: کاربرد روش‌هایی که استفاده مؤثر از مقادیر کم مواد شیمیایی را عملی ساخته و اثر منفی بقایای سموم را کاهش می‌دهند که با توسل به روش‌ها و ادوات جدید میسر می‌گردد و معمولاً نیاز به هزینه و سرمایه‌گذاری دارد (Ozkan, 1997).

نگاهی به نحوه خرد شدن و اصابت مواد شیمیایی به هدف مورد نظر، نشان می‌دهد که قطرات سم در اثر بادبردگی، تبخیر، کاربرد نامناسب، انعکاس و بازگشت از هدف مورد نظر به‌علت بزرگ بودن اندازه قطرات نه تنها در مقابله با آفات و بیماری‌های گیاهی مؤثر واقع نمی‌شوند، بلکه باعث تکرار عملیات سمپاشی، افزایش هزینه عملیات

۱ و ۲- به‌ترتیب مربی پژوهشی و استادیار مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی
(*- نویسنده مسئول: Email: farid.amirshaghaghi@gmail.com)

3- Nozzle

www.SID.ir

Archive of SID

داشت و آلودگی محیط زیست می‌گردد. افشانک‌ها مهم‌ترین و انتهایی‌ترین قسمت یک سمپاش هستند که برای پخش محلول سم به‌صورت یکنواخت در روی هدف مورد نظر به‌کار می‌روند. انتخاب صحیح و کاربرد افشانک در درجه اول اهمیت برای کاربرد دقیق هر آفت‌کش می‌باشد. کلیه تکنیک‌های سمپاشی در ساخت یک سمپاش به‌کار گرفته می‌شود تا در محل خروجی سمی با ذرات یکنواخت و قطر مناسب به تعداد لازم خارج گردد. نتایج یک تحقیق نشان داد که در افشانک‌های ایرانی، الگوهای پخش نامنظم بوده و تشابهی به یک توزیع مثلثی نداشت که این امر به‌دلیل عدم تقارن و ظرافت لازم در طراحی و ساخت اجزاء افشانک‌ها به‌خصوص در قسمت روزنه بود. با توجه به نتایج حاصل، افشانک‌های ایرانی مورد آزمون برای استفاده در سمپاش‌های پشت تراکتوری، به‌علت غیر یکنواختی زیاد توصیه نمی‌گردد (Amirshaghaghi, 1998).

نتایج حاصل از یک طرح تحقیقاتی نشان داد که میزان مصرف سم در روش مرسوم در باغات سیب در حجم بالا قرار داشت که علت این امر مستهلک شدن قطعات به‌خصوص افشانک‌ها و استفاده از لانس‌های غیراستاندارد بود که باعث شده بود میزان مصرف محلول سم به نحو غیرقابل قبولی افزایش یابد (Amirshaghaghi, 2008). نتایج بررسی شش نوع افشانک بادبزنی (۱۱۰۰۴ و ۸۰۰۳ و ۱۱۰۰۲) پشت تراکتوری ساخت داخل از نظر یکنواختی و الگوی پاشش، دبی، همپوشانی و زاویه پاشش نشان داد که بین تیمارهای نوع افشانک، یکنواختی در الگوی پاشش و همپوشانی وجود ندارد. در هر گروه اختلاف تیمارها در سطح ۱٪ بسیار معنی دار بود و نشان داد که این نازل‌ها فاقد کارایی مناسب می‌باشند (Shirvani, 1999). طی بررسی که در کشور سوئد انجام شد، مشخص گردید که از ۴۲۲ سمپاش مورد بررسی، ۵۲ درصد افشانک‌ها خراب و علاوه بر این در ۲۶ درصد پمپ سمپاش‌ها اشکال فنی داشت. بی‌توجهی به تنظیم سمپاش‌ها، کیفیت پایین افشانک‌ها و سایر متعلقات آن به‌طور معنی‌داری تلفات محلول سم را افزایش داده است (Aghel, 1999).

در تحقیقی که برای انواع جنس‌های مختلف افشانک‌های سمپاش بوم‌دار صورت گرفت، بررسی‌کنندگان میزان سایش افشانک‌ها را در مدت زمان۴۰ ساعت ارائه کردند. نتایج نشان داد که سرامیک و فولاد سخت ضد زنگ مقاومت بیشتری در برابر سایش دارند اما گران‌تر نیز هستند، نوک‌های فولادی ضد زنگ مقاومت عالی در برابر سایش مواد خورنده و ساینده دارند. نوک‌های پلاستیکی در برابر خوردگی و سایش مقاوم هستند و از نظر اقتصادی مقرون به‌صرفه‌اند. نوک‌های برنجی بسیار مرسوم هستند اما توصیه نمی‌شوند زیرا زمانی‌که با یک ماده ساینده، مانند پودر خیس‌شونده یا کودهای مایع به‌کار برده می‌شوند به سرعت ساییده می‌شوند (Wolf Robert *et al.*, 2002).

فناوری نانو، به توانایی کار کردن در تراز اتمی، مولکولی و فراملکولی در ابعاد بین ۱ تا ۱۰۰ نانومتر با هدف ساخت و دخل و تصرف در چگونگی آرایش اتم‌ها و مولکول‌ها اطلاق می‌شود (Wilson, 2002). کامپوزیت‌ها[1] یا مواد مرکب، از جمله مواد مهندسی و ساختمانی جدیدی هستند که در توسعه و کاربرد آنها متخصصین فراوانی از رشته‌های مختلف مانند متالوژی، سرامیک، پلیمر و غیره سهم به‌سزایی دارند. کامپوزیت از ترکیب و اختلاط چند ماده حاصل می‌شود و منظور از ترکیب و اختلاط، فیزیکی است نه شیمیایی، به‌طوری‌که اجزای تشکیل‌دهنده ماهیت شیمیایی و طبیعی خود را کاملاً حفظ می‌کنند. با توجه به اینکه کامپوزیت‌ها ترکیب دو یا چند ماده در همدیگر هستند، می‌توان گفت که یکی از این فازها باید در برگیرنده فازهای دیگر باشد، به چنین فازی که درصد حجمی و وزنی آن از دیگر فازها بیشتر است و به‌صورت پیوسته می‌باشد زمینه یا ماتریس گفته می‌شود. این زمینه‌ها در مواد مرکب صرف‌نظر از اینکه توسط الیاف تقویت می‌شوند، خود نیز نقش چسباندن الیاف به یکدیگر جهت انتقال تنش‌های وارد به فاز الیاف، محافظت از الیاف در برابر عوامل مکانیکی و جوی همچون رطوبت را نیز به عهده دارند. فلزات، سرامیک‌ها و پلیمرها به‌ویژه پلاستیک‌ها از جمله پرمصرف‌ترین مصالح موجودند و به این جهت این مواد مورد استفاده در کامپوزیت‌ها را تشکیل می‌دهند (Anonymous, 2005).

نانوکامپوزیت‌ها مواد مرکبی هستند که لااقل یکی از اجزای تشکیل‌دهنده آن‌ها دارای ابعادی در محدوده نانومتری، بین ۱ تا ۱۰۰ نانومتر باشد. این مواد به‌عنوان جایگزین مناسب برای غلبه بر محدودیت‌هایی که میکروکامپوزیت‌ها و مواد یکپارچه دارند، استفاده می‌شوند. (Camargo and Satyanarayan, 2009).

سرامیک‌ها از مقاومت و پایداری گرمایی و شیمیایی مناسب برخوردار هستند اما به‌دلیل پیوندهای از نوع اشتراکی و یونی و در نتیجه محدودیت تغییر شکل پلاستیک ترد می‌باشند (Niihara, 1991)، در این شرایط استحکام خمشی کم سرامیک‌ها مشکل اساسی در استفاده وسیع آن‌ها در صنایع است. به‌منظور غلبه بر این محدودیت توجه زیادی بر روی نانوکامپوزیت‌های سرامیکی شده است که به‌طور عمده افزایش بارز خواص مکانیکی مد نظر بوده است (Niihara, 1999; Manocha *et al.*, 2006). سرامیک‌های آلومینا به‌علت داشتن مقاومت حرارتی، خوردگی، شیمیایی، سایش و غیره از مهم‌ترین سرامیک‌های ساختاری هستند. اما مشکل اصلی در استفاده از آن‌ها داشتن خاصیت ترد و شکنندگی است. به‌کارگیری فناوری نانو و افزودن مواد به زمینه آن باعث بهبود استحکام شکست شده است. چقرمه کردن ناشی از دگرگونی فاز، روشی برای حصول چقرمگی[2] و استحکام بالا در سرامیک‌ها است (Richerson, 2005).

1- Composite
2- Toughness

www.SID.ir

Archive of SID

ماده سرامیکی یا افزودنی کلیدی در این موارد زیرکونیا[1] است. زیرکونیا از ساختار بلوری چهار وجهی توسط یک دگرگونی فازی مارتنزیتی به ساختار بلوری منوکلینک در هنگام سرد کردن از دمای تقریبی ۱۱۵۰ درجه سلسیوس تبدیل می‌شود. با کنترل ترکیب شیمیایی، اندازه ذرات، چرخه عملیات حرارتی، زیرکونیا می‌تواند در دمای بالا چگال شود و به‌گونه‌ای خنک گردد که فاز چهار وجهی به‌صورت دانه‌های منفرد یا به‌صورت رسوب‌هایی در دمای محیط باقی بماند. فاز چهار وجهی فازی تعادلی در دمای محیط نیست و معمولاً به‌صورت خود به‌خود به فاز منوکلینک پایدار، تبدیل می‌شود. این‌چنین تحولی مستلزم افزایش حجم است. زمانی‌که تنشی به زیرکونیا اعمال شود و ترک سعی به گسترش داشته باشد، دانه‌های زیرکونیاهای چهار وجهی نیمه‌پایدار در مجاورت نوک ترک، می‌توانند منبسط و به شکل بلورهای منوکلینک پایدار، تبدیل شوند (Erdem, 2006). در میان شکل‌های مختلف زیرکونیای پایدار شده، زیرکونیای پایدار شده با ایتریا بیشترین کاربرد را در دماهای بالا دارد (Ghosh *et al*., 2006). زیرکونیای پایدار شده با ایتریا[2] به خاطر داشتن خواصی مانند هدایت یونی، پایداری حرارتی بالا، استحکام مکانیکی بالا، چقرمگی و مقاومت در برابر سایش، کاربردهای فراوانی در حسگرهای اکسیژن، پیل‌های سوختی، مواد لیزری و شیشه‌های مادون قرمز دارد (Prabhakaran *et al*., 2007).

برای افزایش چقرمگی و استحکام سرامیک‌های بر پایه آلومینا، افزودن حدود ۲۰-۱۰ درصد حجمی از فاز چهار وجهی زیرکونیا مناسب است (Biamino, 2006; De Azaa *et al*., 2002).

هدف از این مطالعه تولید و ساخت قطعه‌ای با کارایی بالا با زمینه سرامیکی در حوزه نانو فناوری و بهینه‌سازی و نوآوری در ساخت افشانک‌ها بود که به‌منظور استانداردسازی فرآیند ساخت با لحاظ توان فناوری ملی برای استفاده از افشانک‌ها در مزارع و باغات انجام شد. ضرورت عمده اجرای این تحقیق، بهینه‌سازی و اصلاح ادوات موجود با رویکرد علمی و کاربردی بود.

مواد و روش‌ها

مراحل تهیه مواد و ساخت افشانک مخروطی توخالی به‌ترتیب شامل تهیه مواد اولیه شامل پودر آلومینا و پودر زیرکونیای پایدار شده با ایتریم، طراحی و ساخت قالب‌ها، تهیه نمونه‌های مربوطه با عملیات پرس‌کاری، تف‌جوشی[3] نمونه‌ها برای رسیدن به چگالی بالا و انجام آزمون‌های مربوطه برای تعیین کیفیت محصولات بود. خصوصیات مواد مورد استفاده در این تحقیق در جدول ۱ خلاصه شده است.

تصاویر حاصل از میکروسکوپ الکترونی روبشی[4] (نوع XL30، ساخت شرکت فیلیپس) از پودرهای تهیه شده نشان داد ذرات آلومینا در اندازه‌های میکرونی و ذرات زیرکونیای پایدار با ایتریا در اندازه‌های نانومتری بود. دستگاه اندازه‌گیری توزیع اندازه ذرات[5] نیز تأییدکننده اندازه نانومتری ذرات بود (شکل۱).

برای تهیه مخلوط پودر نانو کامپوزیت آلومینای چقرمه شده با زیرکونیای پایدار شده، به نسبت ۱۰/۹۰ درصد حجمی از این پودرها در درون دستگاه آسیاب ماهواره‌ای[6] ریخته شد و به مدت سه ساعت هم زده شد. با توجه با اینکه نمونه‌های سرامیکی بعد از فرآیند تف‌جوشی دچار جمع‌شدگی می‌شوند ابتدا نمونه ساده‌ای از آن ساخته شد و سپس بعد از محاسبه میزان جمع‌شدگی آن، قالبی استوانه‌ای شکل از جنس فولاد ضد زنگ تهیه گردید (Ghosh *et al*., 2006; Richerson, 2005).

پرس‌کاری با قرار دادن پودر درون یک قالب و اعمال فشار برای رسیدن به تراکم مطلوب انجام می‌شود. پرس‌کاری مانند تمام فرآیندهای شکل‌دهی سرامیک‌ها شامل یک سلسله مراحلی است که باید با دقت کنترل شود تا به یک محصول قابل قبولی دست یافت. در این تحقیق از پرس تک‌محوری دستی ۳۰ تنی استفاده شد. برای انجام عملیات پرس‌کاری ابتدا مخلوط پودر نمونه تهیه شده به مقدار یک گرم در داخل نیمه استوانه توخالی کوچک ریخته و پس از قرار دادن نیمه دوم استوانه در روی آن و قرار دادن استوانه کامل (سمبه) در داخل ماتریس، پس از ساخت چند نمونه و تعیین فشار و زمان پرس‌کاری مطلوب به‌صورت عملی، نمونه‌ها تحت فشار ۹۰ کیلوگرم بر سانتی‌مترمربع (۹×۱۰^{۶} پاسکال) به مدت۲۰ ثانیه قرار داده و پس از اتمام عملیات نمونه افشانک از داخل قالب درآورده و عملیات ساخت نمونه‌های بعدی مطابق نمونه اول انجام شد (Ghosh *et al*., 2006).

برای انجام عملیات تف‌جوشی از یک کوره دما بالای مدل F3L-1720 استفاده شد. نمونه‌ها پس از مرحله ساخت با قالب تحت پرس تک‌محور در داخل کوره قرار داده شد دمای کوره با نرخ ۱۰ درجه بر دقیقه تا دمای۱۶۵۰ درجه سلسیوس افزایش داده شد و سپس در دمای۱۶۵۰ درجه سلسیوس به مدت یک ساعت قرار گرفتند تا عملیات حرارتی در تمام بدنه افشانک به‌طور یکنواخت اعمال گردد. علت استفاده از این فرآیند به این دلیل می‌باشد که با توجه به مطالعات انجام شده برای رسیدن به چگالی بالا در دماهای پایین‌تر از دمای۱۶۵۰ درجه سلسیوس نیاز به زمان‌های بیشتری است و در دماهای بالاتر از این مقدار نیز مصرف انرژی بالا بوده و تأثیر چندانی در زمان تف‌جوشی ندارد (Richerson, 2005). در شکل ۲ نمونه افشانک‌ها پس از عملیات حرارتی تف جوشی نشان داده شده است.

1- Zirconia
2- Zirconia reinforced with yttria
3- Sintering
4- Scanning Electron Microscope (SEM)
5- Dynamic Light Microscopy (DLS)
6- Ball mill

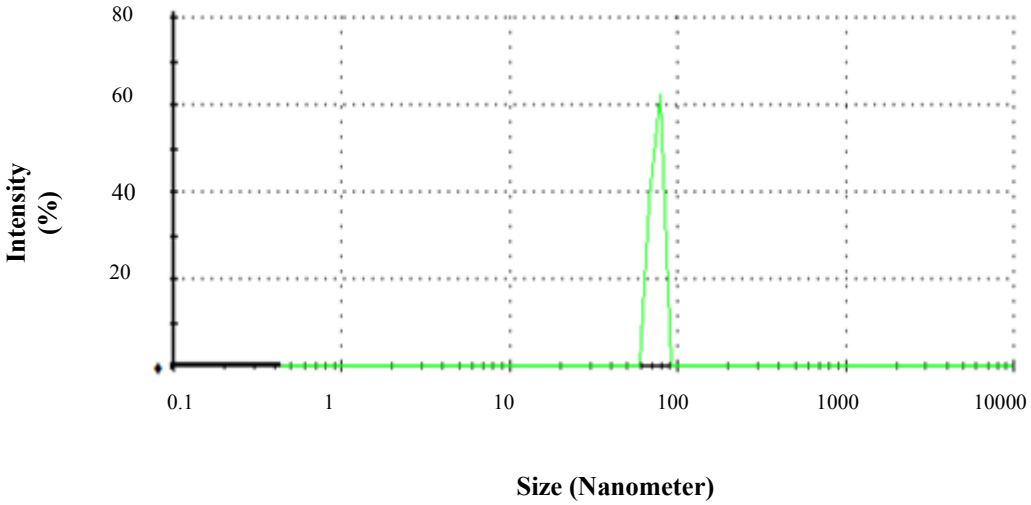
www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱- خصوصیات مواد مورد استفاده در تولید و شکل‌دهی نانو کامپوزیت‌ها

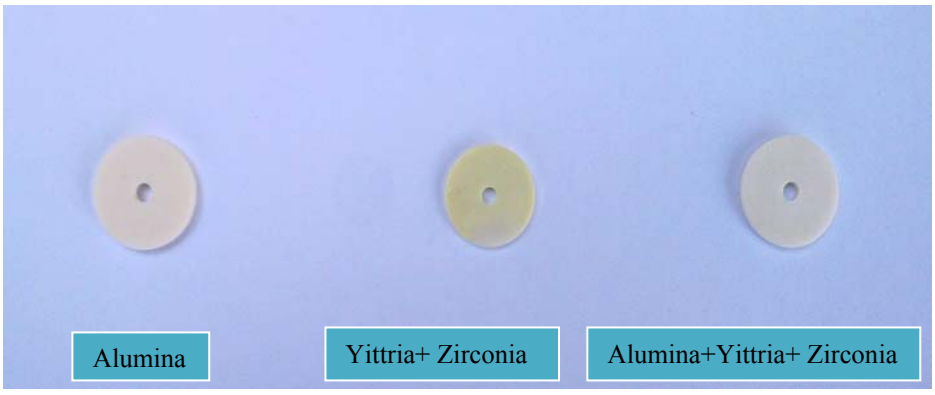
Table1- Material properties in manufacture of nanocomposites

ماده شیمیایی Chemical material	نقش Roll	فرمول شیمیایی Chemical formula	خصوصیات Specifications
آلفا- آلومینا (α-Alumina)	پودر سرامیک Ceramic powder	$(\alpha\text{-}Al_2O_3)$	اندازه متوسط قطر ذرات ۱ میکرون VMD≤ 1 micron
زیرکونیای پایدار شده با ایتریا zirconia reinforced with yttria	پودر سرامیک Ceramic powder	$(ZrO_2\text{-}Y_2O_3)$	پودر سفید با متوسط اندازه ۹۰ نانومتر White powder 90 nanometer



شکل ۱- توزیع اندازه ذرات نانو پودر زیرکونیای پایدار شده با ایتریا

Fig.1. Distribution of zirconia nanopowder reinforced with yttria



شکل ۲- نمونه نهایی افشانک‌ها پس از عملیات حرارتی تف جوشی

Fig.2. Final sample of nozzles after sintering operation

تجهیزات و آزمون‌های مورد استفاده در این تحقیق به شـرح زیـر است:

۱- آزمون پراش اشعه ایکس[1]:

1- X-Ray Diffraction (XRD)

www.SID.ir

Archive of SID

پراش اشعه ایکس یک روش غیرمخرب است که اطلاعات جامعی درباره ترکیبات شیمیایی و ساختار کریستالی مواد طبیعی و صنعتی ارائه می‌دهد. هر ساختار کریستالی، الگوی اشعه X منحصر به فرد خود را داراست که برای انگشت‌نگاری و تعیین هویت از آن استفاده می‌شود. دستگاه XRD امکان تهیه الگوی پراش مواد را فراهم می‌نماید. در این روش از پراش اشعه X جهت بررسی ویژگی‌های نمونه استفاده می‌شود، منظور از پراش همان رفتار اشعه ایکس می‌باشد. دستگاه پراش اشعه X مورد استفاده مدل XPERT، ساخت هلند بود.

۲- میکروسکوپ الکترونی روبشی: این میکروسکوپ، یکی از روش‌های تولید تصاویر به‌وسیله روبش یک پرتو الکترونی روی سطح نمونه است. در SEM نمونه با پرتو الکترونی باریکی به قطر ۱۰۰ آنگستروم بمباران می‌شود. در اثر برخورد پرتوهای الکترونی با نمونه، الکترون‌های ماده برانگیخته می‌شوند و در هنگام بازگشت به مدار اصلی خود به شکل پرتو الکترونی از سطح نمونه منتشر شده و توسط یک آشکارساز جمع‌آوری و آنالیز می‌شوند. با استفاده از این میکروسکوپ، نحوه قرارگیری، اندازه و خواص سطحی مواد در مقیاس نانومتری مورد بررسی قرار گرفت و همچنین از حالت SEM-Mapping برای اندازه‌گیری میزان پخش عناصر در داخل قطعات استفاده شد.

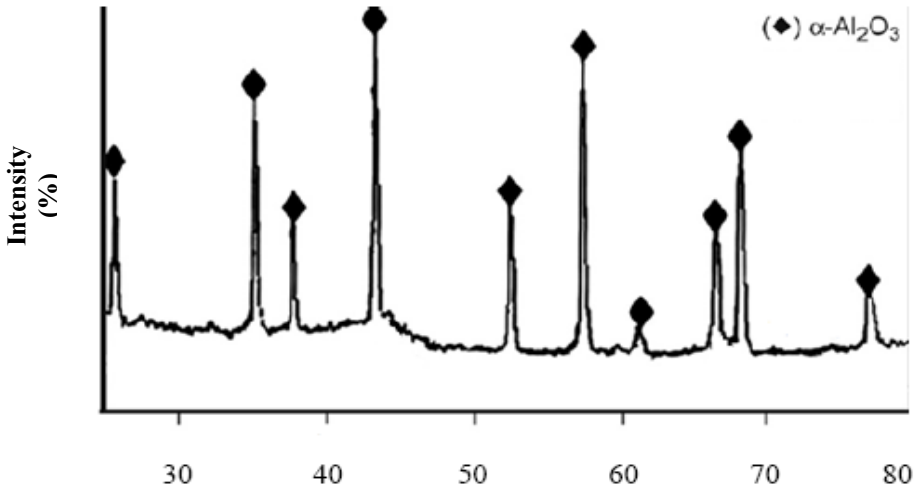
۳- آزمون تغییرات میزان دبی خروجی نسبت به زمان:

آزمون‌های تحقیق با توجه به استاندارد ملی ایران به شماره ۵۸۸۶ انجام شد. از هر نوع افشانک به تعداد پنج عدد انتخاب و در فشار ۲ بار در بازه زمانی ۵۰-۰ ساعت در زمان‌های ۱، ۲، ۳، ۴، ۵، ۸، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۳۰، ۴۰ و ۵۰ ساعت میزان دبی خروجی اندازه‌گیری شد. مایع آزمون آب کشاورزی و زمان اندازه‌گیری در هر داده‌برداری، ۶۰ ثانیه بود. در نهایت میانگین میزان خروجی پنج افشانک به‌دست آمد و تغییرات میزان خروجی به‌عنوان تابعی از زمان ترسیم گردید.

نتایج و بحث

نتایج تحلیل آزمون XRD در سه نوع ترکیب ماده در ساخت افشانک‌ها

تحلیل XRD نمونه‌های نانو کامپوزیت آلومینای چقرمه شده با زیرکونیا در حضور پایدارکننده ایتریا (Al_2O_3-ZrO_2-Y_2O_3)، زیرکونیای پایدار شده با ایتریا (ZrO_2-Y_2O_3) و آلومینا نشان‌دهنده وجود فازهای مربوطه است (شکل‌های ۳، ۴ و ۵). شکل ۳ نشان می‌دهد که افشانک ساخته شده از پودر آلومینا در فاز آلفا آلومینا است و تغییری در فاز آن ایجاد نشده است که با توجه به پایداری فاز آلفا آلومینا قابل پیش‌بینی نیز بود. شکل ۴ نشان‌دهنده فازهای موجود در قطعه سرامیکی افشانک حاوی پودر مخلوط شده می‌باشد که بعد از انجام فرآیند تف‌جوشی فاز زیرکونیا در حالت تتراگونال باقی مانده که این امر کمک به چقرمه شدن آلومینا می‌کند. شکل ۵ زیرکونیای پایدار شده با ایتریوم است که نشان می‌دهد نمونه ساخته شده در فاز تتراگونال شکل گرفته است.

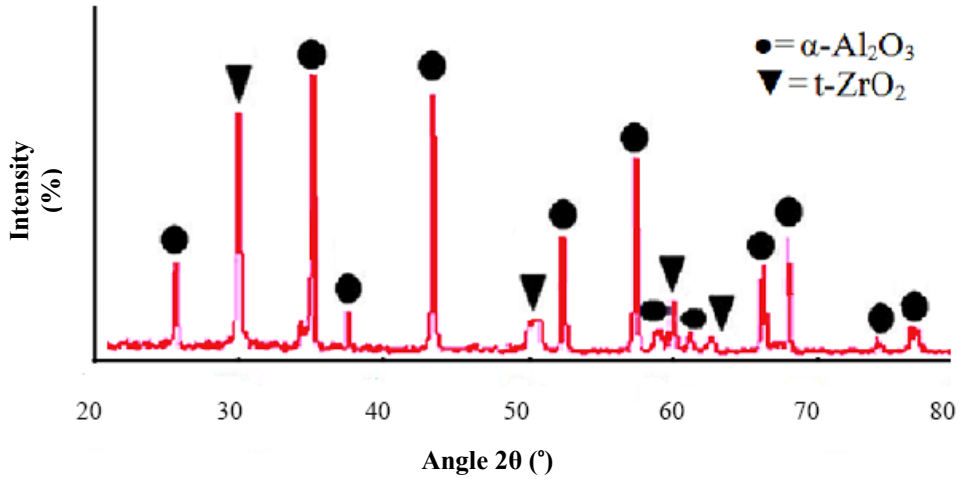


شکل۳- تحلیل XRD نمونه افشانک ساخته شده از پودر آلومینا

Fig.3. XRD analyses of nozzle constructed with alumina powder

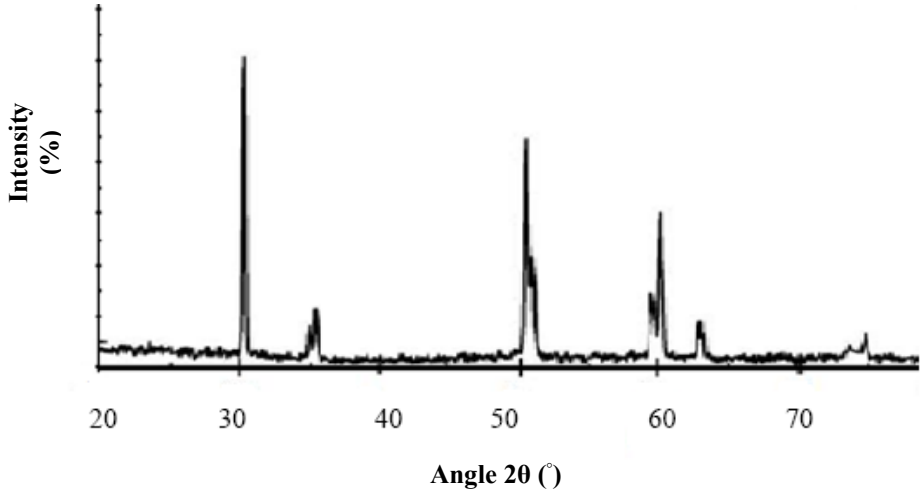
www.SID.ir

Archive of SID



شکل ٤– تحلیل XRD نانو کامپوزیت Al_2O_3-ZrO_2-Y_2O_3

Fig.4. XRD analyses of nanocomposite Al_2O_3-ZrO_2-Y_2O_3



شکل ٥– تحلیل XRD نانو کامپوزیت ZrO_2-Y_2O_3

Fig.5. XRD analyses of nanocomposite ZrO_2-Y_2O_3

نتایج بررسی میزان یکنواختی نمونه‌ها با میکروسکوپ الکترونی روبشی

برای اینکه نمونه‌های ساخته شده دارای خواص بهتری باشند باید توزیع مواد در داخل آن به‌صورت یکنواخت باشد. برای بررسی میزان یکنواختی نمونه‌های ساخته شده آزمون SEM-Mapping انجام شد. نتایج حاصل مطابق شکل۶ نشان داد که توزیع عناصر Al، Zr و Y در نانو کامپوزیت Al_2O_3-ZrO_2-Y_2O_3 تقریباً یکنواخت است.

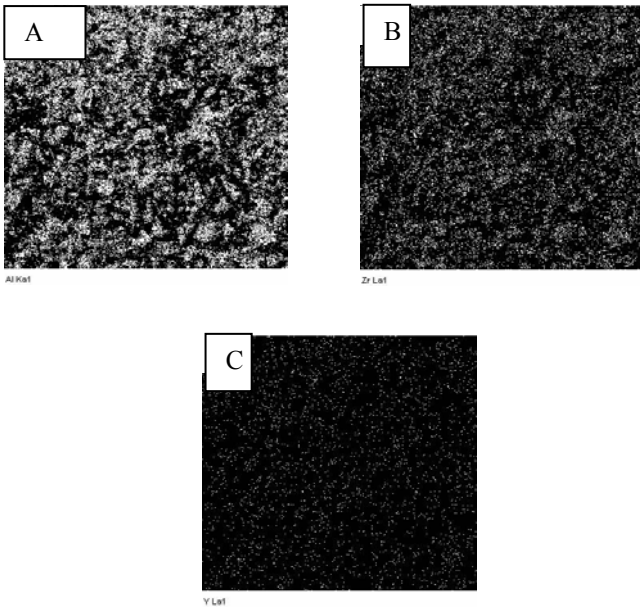
بررسی تصاویر SEM (شکل ۷) تهیه شده از نمونه‌ها بعد از عمل تف‌جوشی نشان از تف‌جوشی مناسب قطعات و تشکیل قطعه نانو کامپوزیتی (شکل ۸) می‌باشد. در شکل ۸ نقاط تیره و سفید به‌ترتیب مربوط به عناصر آلومینا و زیرکونیای پایدار شده با ایتریوم است. برای تهیه این تصاویر بعد از انجام عمل برش توسط تیغه الماسه بر روی نمونه‌ها، عمل اچ حرارتی بر روی آنها انجام شد.

نتایج تغییرات میزان جریان در نتیجه ساییدگی در سه نوع افشانک

در طول زمان عملیات سمپاشی، افشانک‌ها به مرور زمان تحت سایش قرار گرفته و میزان جریان مایع خروجی افزایش می‌یابد. هرچه این افزایش دبی کمتر باشد، عمر مفید افشانک بیشتر خواهد بود.

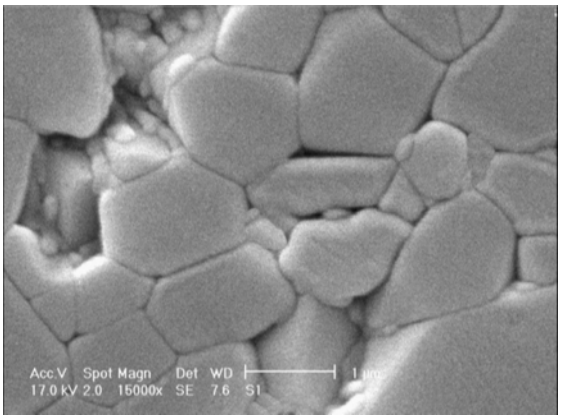
www.SID.ir

Archive of SID



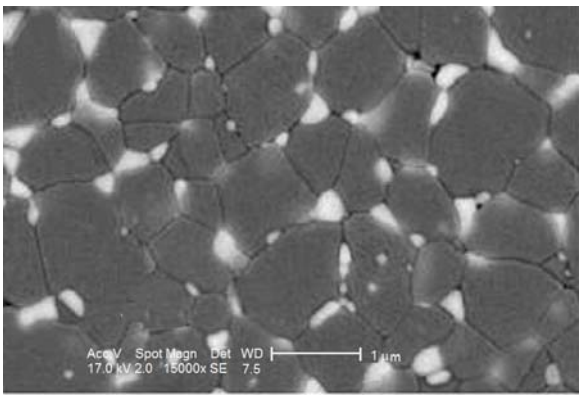
شکل ٦– تصویر SEM-Mapping از نانو کامپوزیت Al_2O_3-ZrO_2-Y_2O_3، توزیع عناصر A– آلومینیوم، B– زیرکونیا، C– ایتریا

Fig.6. SEM-Mapping image of nanocomposite Al_2O_3-ZrO_2-Y_2O_3 A) Al, B) Zr, C) Y



شکل ۷– تصاویر SEM از آلومینا در ۱۶۵۰ درجه سلسیوس

Fig.7. SEM images of alumina in 1650 °C



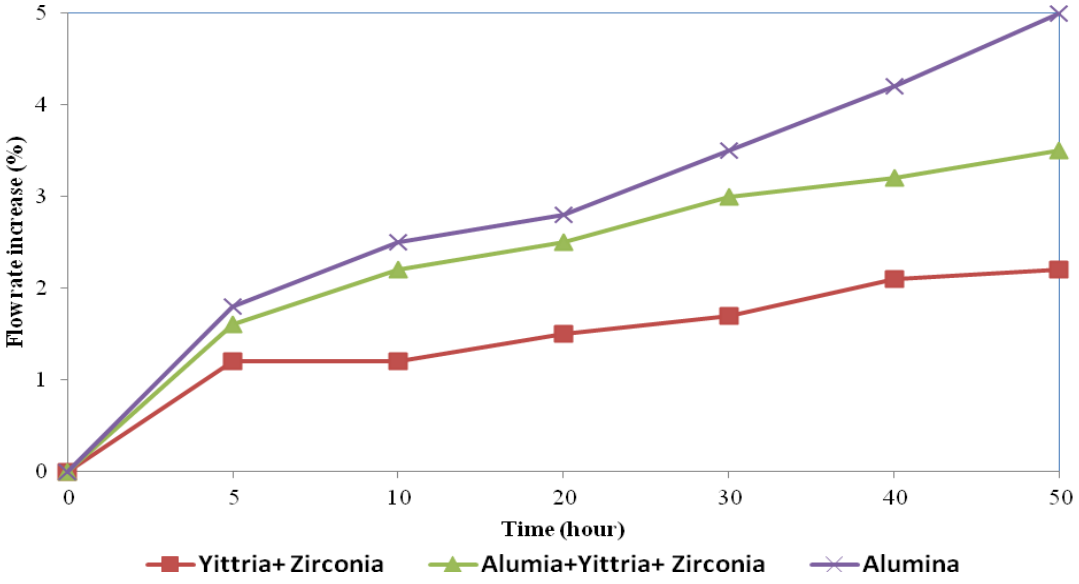
شکل ۸– تصویر SEM از نمونه نانو کامپوزیت آلومینا–زیرکونیای پایدار شده در ۱۶۵۰ درجه سلسیوس

Fig.8. SEM images of nanocomposite of reinforced Alumina- Zirconia in 1650 °C

www.SID.ir

Archive of SID

نتایج آزمون تغییرات میزان دبی خروجی نسبت به زمان (شکل ۹ و جدول ۲) نشان داد که میزان افزایش دبی در افشانک آلومینا (Al_2O_3)، کامپوزیت آلومینا، ایتریم و زیرکونیا (Al_2O_3+ ZrO_2+ Y_2O_3)، ایتریا و زیرکونیا (ZrO_2+ Y_2O_3) پس از ۵۰ ساعت آزمون تحت شرایط استاتیکی، به‌ترتیب ۵/۵-۵، ۳/۵-۳ و ۲/۵-۲ درصد بود. با توجه به قیمت بالای نانومواد، کاربرد آن به‌صورت مرکب و به‌عنوان افزودنی در مقیاس محدود در مقایسه با ساخت افشانک با مواد کاملاً نانویی اقتصادی‌تر است. بنابراین کامپوزیت آلومینا، ایتریم و زیرکونیا (Al_2O_3+ ZrO_2+ Y_2O_3) به‌عنوان تیمار برتر معرفی می‌گردد.



شکل ۹- رابطه بین میزان افزایش دبی در افشانک‌های مختلف در طول ۵۰ ساعت آزمون

Fig.9. Relationship of flow ratio in nozzles after 50 hours test

جدول۲- نرخ افزایش دبی در افشانک‌های مختلف

Table 2- Flow rate increase in nozzles

جنس افشانک Nozzle material	میانگین افزایش دبی (درصد) Flow rate average (%)
آلومینا (Alumina)	5-5.5
آلومینا+ زیرکونیا+ ایتریا (Alumina+Yittria+ Zirconia)	3-3.5
ایتریا+ زیرکونیا (Yittria+ Zirconia)	2-2.5

نتیجه‌گیری

نتایج کلی تحقیق نشان داد که افزودن نانو مواد به ساختار سرامیکی به‌عنوان یک راه حل جدید مؤثر بود و افشانک کامپوزیت آلومینا، ایتریم و زیرکونیا با لحاظ نسبت ترکیب مواد به‌عنوان تیمار برتر معرفی شد. با توجه به نتایج حاصل از آزمون‌های انجام شده با توجه به بهبود در کاهش میزان دبی در طول زمان که منجر به افزایش عمر مفید افشانک می‌گردد، بنابراین در راستای توسعه و بهبود مکانیزاسیون با رویکرد اصلاح ادوات و بهبود کیفیت و استانداردسازی تولید به‌عنوان یک راه‌حل کم هزینه، ساخت افشانک با فناوری بومی و با افزودن نانومواد برای افزایش کارایی سمپاش‌های موجود توصیه می‌گردد.

www.SID.ir

Archive of SID

سپاسگزاری

بدین وسیله از حمایت‌های بی‌دریغ مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی و ستاد توسعه فناوری نانو وزارت جهاد کشاورزی در راستای اجرا، تأمین منابع مالی و مساعدت‌های مستمر در طول اجرای مراحل ساخت و ارزیابی این تحقیق، کمال تشکر و امتنان را دارد.

منابع

1. Aghel, H. 1999. Sprayers, construction and calibration. Barsao publications. (In Farsi).
2. Amirshaghaghi, F. 1998. Investigation and evaluation of distribution uniformity of sprayer nozzles. Ms.c. Thesis. Tarbiat Modares University. (In Farsi).
3. Amirshaghaghi, F. 2008. Investigation and comparision of electrostatic and microner sprayers in apple orchards. AERD publication. (In Farsi).
4. Anonymous. 2005. Nanocomposites in industry. Available from: www.nanoclub.ir.
5. Anonymous.2004. Agricultural machinery- Crop protection equipment- Nozzles- ISIRI 7807. Standard publications. (In Farsi).
6. Biamino, S., P. Fino, M. Pavese, and C. Badini. 2006. Alumina–Zirconia–Yttria Nanocomposites Prepared by Solution Combustion Synthesis, Ceramics International 32: 509-513.
7. Camargo, P., and K. Satyanarayan. 2009. Nanocomposites: Synthesis, Structure, Properties and New Application Opportunities. Materials Research 12:1-39.
8. De Azaa, A. H., J. Chevaliera, G. Fantozzia, M. Schehlb, and R. Torrecillas. 2002. Crack Growth Resistance of Alumina, Zirconia and Zirconia Toughened Alumina Ceramics for Joint Prostheses. Biomaterials 23: 937-945.
9. Erdem, S. 2006. Synthesis and Characterization of Hydroxyapatite-Alumina-Zirconia Biocomposite, Master of Science Dissertation, Graduate School of Engineering and Sciences Izmir Institute of Technology.
10. Ghosh, A., A. K. Suri, M. Pandey, S. Thomas, T. R. Rama Mohan, and B. T. Rao. 2006. Nanocrystalline Zirconia-Yttria System–a Raman Study. Materials Letters 60: 1170-1173.
11. Manocha, L. M., J. Valand, and N. Patel. 2006. Nanocomposite for Structural Application, Indian Journal of Pure & Applied Physics 44:135-142.
12. Niihara, K. 1991. New Design Concept of Structural Ceramics-Ceramic Nanocomposites, Journal of the Ceramic Society of Japan 99: 974-982.
13. Ozkan, E. 1997. Reducing spray drift. Ohio state university extension bulletin, Bulletin 816.
14. Prabhakaran, K., M. O. Beigh, J. Lakra, N. M. Gokhale, and S. C. Sharma. 2007. Characteristics of 8 mol% Yttria Stabilized Zirconia Powder Prepared by Spray Drying Process. Journal of Materials Processing Technology 189:178-181.
15. Richerson, D. R. 2005. Modern Ceramic Engineering: Properties, Processing, and Use in Design, Taylor & Francis, Boca Raton.
16. Shirvani, M. 1999. Evaluation of 6 types of sprayer nozzles. MSc. Thesis. Ahvaz University.
17. Wilson, M. 2002. Basic Science and Emerging Technologies, Nanotechnology, Chapman & Hall CRC press company.
18. Wolf Robert, E., Gradisser, J. Slocombe, Bryan. W. Shaw. 2002. Nozzle Types for Boom Sprayer Applications of Crop Protection Products, Kansas State University.

www.SID.ir

Archive of SID

Journal of Agricultural Machinery
Vol. 5, No. 2, Fall - Winter 2015, p. 393-402

نشریه ماشین‌های کشاورزی
جلد ۵، شماره ۲، نیمسال دوم ۱۳۹۴، ص ۴۰۲-۳۹۳

Construction and evaluation of a hollow cone type nozzle with ceramic nanocomposites

F. Amirshaghaghi[1*] - H. Sharifnasab[2]

Received: 20-11-2013
Accepted: 25-01-2014

Introduction: In order to improve the use of pesticides and pesticide consumption and prevent environmental pollution, manufactures and scientists have considered two major trends. The first major trend is improving techniques that are practical and effective use of small quantities of chemicals to reduce the negative effect of residues of pesticides. The use of new methods usually requires investment and cost. The second major trend is changing the parts that are more important to reform the sprayer components in order to reduce pollution, mainly by including engineering controls, and design and construction of appropriate nozzles. The optimization can be done with the least expensive pesticide. Nozzle is a device for spraying the solution in the form of particles with a certain pattern. Tip of a nozzle is placed in the nozzle's body and has many different types. The main factors in choosing tips include: material, pattern of distribution, spray angle and the amount of the solution. The spray tip may be made of aluminum, brass, nylon, stainless steel, ceramic or other materials. Nanocomposites are composites that contain at least one component with dimensions in the nanometer range between 1 to 100 nm. This material is suitable as an alternative to overcome the limitations that exist with integrated microcomposites. The aim of this study was the construction and evaluation of a sprayer nozzle with ceramic nanocomposites with good shelf life and optimum performance.

Materials and methods: This research was supported by the Agricultural Engineering Research Institute and Nanotechnology Committee of the Ministry of Agriculture. The operations of this study were as follows: 1- Preparing of materials, including alumina powder and stabilized zirconia powder with yttrium. 2- Design and manufacture of molds. 3- Preparation of the samples pressing operations. 4- Zintering of samples to achieve high density. 5- Tests to determine the quality of the products. In order to prepare nanocomposite powder mixed with stabilized zirconia alumina, the ratio of 10/90 percent by volume of the powder was poured into the mill for three hours and it was stirred in the mixer. Pressing is placing the powder into a mold, and applying pressure to achieve the desired density. In this study, pressing device with 30 tons was manually used and powder sample in the amount of one gram was placed in a semi-cylindrical small hollow. After making a few samples and determining the optimal pressure and time of pressing in action, samples were manufactured under 90 kg cm^{-2} pressure at 20 seconds. A high temperature furnace model F3L-1720 was used for zintering. Samples were put into the furnace after forming by a single-axis press. Temperature the of furnace was raised up 1650°C at a rate of 10 degrees per minute and then the samples were exposed for one hour in order for the heat to be evenly applied in all the body of the nozzle. Finally, a hollow cone spray pattern fan nozzle with a major diameter of 15 mm and an inner diameter of 2 mm was built. Equipment for analyzing used in this study included: X-Ray Diffraction device (XRD), Scanning Electron Microscope (SEM). The flow rate output was measured at a pressure of 2 bar in the period of 0-50 hours at 1, 2, 3, 4, 5, 8, 10, 15, 20, 25, 30, 40 and 50 hours.

Results and Discussion: XRD analysis of nano-composite stabilizer in the presence of yttria- zirconia- alumina toughness with (Al_2O_3-ZrO_2-Y_2O_3), yttria stabilized zirconia (ZrO_2-Y_2O_3) and alumina indicates respective phases. For the samples made with better properties, it should be uniformly distributed within it. To evaluate the uniformity, SEM-Mapping test samples were made. The results showed that the distribution of Y, Zr, Al in nanocomposite (Al_2O_3-ZrO_2-$Y2O_3$) is almost uniform. The results of changes in the level of output over time showed that the rate of flow in composite (Al_2O_3-ZrO_2-Y_2O_3) nozzle versus ceramic conventional (Al_2O_3) nozzle after 50 hours of testing under static condition, flow rate was decreased to 30- 35 percent.

Conclusions: Nozzles are one of the most important terminal parts in sprayers and are used to spread the liquid evenly at a certain flow rate. Addinga nanomaterial ceramic structure as a new solution was effective. By paying attention to reduce the use of chemicals and protection of the resource bases, a correct approach to the development of agricultural mechanization equipment that are essential components should be a priorityas a low-cost solution.

Keywords: Ceramic nanocomposite, Construct and evaluation, Nozzles, Sprayer

1- M.Sc. of Agricultural Engineering Research Department, West Azerbaijan Agricultural and Natural Research Center
2- Assistant Prof. of Agricultural Engineering Research Institute, Karaj
(*- Corresponding Author Email: farid.amirshaghaghi@gmail.com)

www.SID.ir