نهمین کنگره ملی مهندسی ماشین‌های کشاورزی
(مکانیک بیوسیستم) و مکانیزاسیون
پردیس کشاورزی و منابع‌طبیعی دانشگاه تهران
۲ و ۳ اردیبهشت ۱۳۹۴ - کرج

بررسی سایش محصولات کشاورزی در انتقال نیوماتیکی

مرضیه مبشر[۱]، غلامحسین شاهقلی[۲]، جواد جنت خواه[۳]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مکانیک ماشین‌های کشاورزی، دانشکده فناوری و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی

۲- استادیار گروه ماشین‌های کشاورزی، دانشکده فناوری و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی

۳- دانشجوی کارشناسی ارشد مکانیک ماشین‌های کشاورزی، دانشکده فناوری و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی

ایمیل مکاتبه کننده: m.mobasher113@gmail.com

چکیده:

سایش ذره که ذرات شکسته شده در انتقال گفته می‌شوند و باعث ایجاد گردوغبار در مسیر جریان و خوردگی ذرات در خط لوله، عمدتاً در زانویی‌ها می‌شود که دلیل آن‌یک پدیده است و آن برخورد ذرات درون لوله با دیواره‌ی لوله و برخورد ذره با ذرات دیگر. در این نوع حمل‌ونقل از سیستم گاز-جامد استفاده می‌شود. ساییدگی در انتقال نیوماتیک، مانند سایر فرآیندهای صنعتی یک امر ناخواسته است و هنوز اثر آن اجتناب‌ناپذیر است.در هر صنعتی که در آن انتقال مواد باشد قدری سایش وجود دارد و در سطح گسترده‌ای از فرایندها و صنایع گزارش داده می‌شود.این مقاله مروری دارد بر مطالعات برخی محققان که در این زمینه تحقیقاتی را انجام داده‌اند.

واژه‌های کلیدی:"سایش"،" زانویی"،"نیوماتیک"،"قرص‌های کود"،

۱- مقدمه:

انتقال نیوماتیک روش متداول برای انتقال توده‌ای مواد خشک است.این نوع انتقال در صنایع غذایی و دارویی برای حمل‌ونقل ذرات دانه‌ای حائز اهمیت است. انتقال نیوماتیکی مواد به دو صورت فشار مثبت یا منفی جریان هوا تعیین می‌شود. تجربه نشان داده است که طراحی سیستم انتقال نیوماتیک باید از یک سری فرمول‌ها تبعیت کند. استفاده از انتقال نیوماتیک برای باربرداری یا بارگذاری از کشتی معمول است.سایدگی در انتقال نیوماتیک، مانند سایر فرآیندهای

[۱] دانشجوی کارشناسی ارشد مکانیک بیوسیستم- طراحی ماشین های کشاورزی دانشگاه محقق اردبیلی

[۲] استادیار دانشگاه محقق اردبیلی

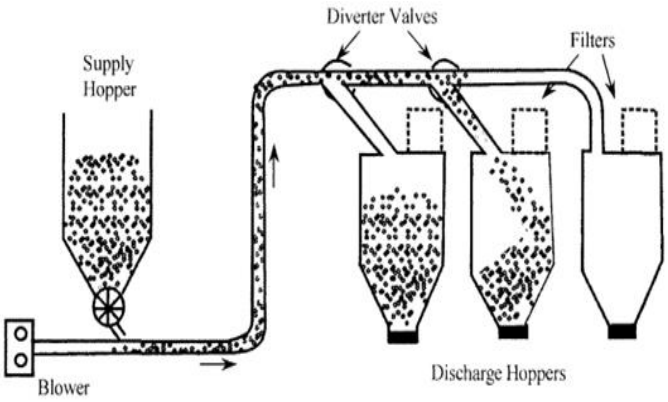
[۳] دانشجوی کارشناسی ارشد مکانیک بیوسیستم- انرژی تجدیدپذیردانشگاه محقق اردبیلی

صنعتی یک امر ناخواسته است و هنوز اثر آن اجتناب‌ناپذیر است. در هر صنعتی که در آن انتقال مواد باشد قدری سایش وجود دارد و درسطح گسترده‌ای از فرایندها و صنایع گزارش داده می‌شود. تمام صنایع انتقال ذرات مواد به‌نوعی تحت تأثیرسایش هستند بخصوص در صنایع غذایی که معمولاً کشش مکانیکی و سختی کمتری نسبت به ذرات پلیمری یا معدنی دارند. اثرات سایش در مواد غذایی می‌تواند تلفاتی در اندازه ذرات تولیدی ایجاد کند که اصلاً قابل جبران نیست و برای جداسازی آن‌ها نیاز به فیلتر است.اثر دیگر سایش کاهش عمر مفید و کاهش ارزش غذایی مواد تشکیل‌دهنده ذرات است. حساسیت زمانی بیشتر می‌شود که ابعاد تجهیزات انتقال دارای اندازه و ابعاد کوچکی باشد.

۲- متن اصلی:

۱) سیستم انتقالی فشار مثبت:

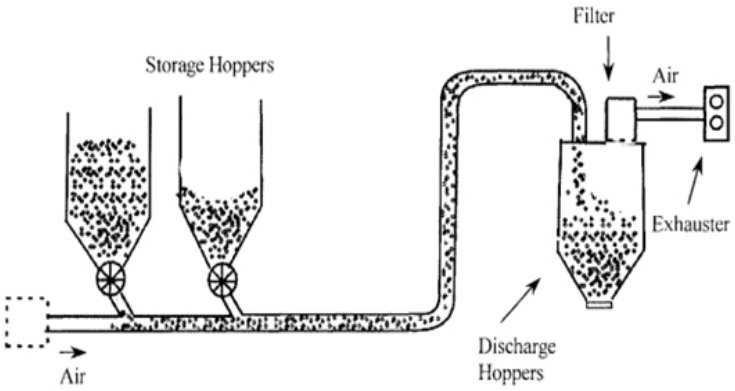
در سیستم انتقالی فشار مثبت مواد از یک نقطه وارد و به چند نقطه نهایی توزیع می‌شود.معمول‌ترین سیستم انتقال نیوماتیک در تغذیه مواد درون لوله در فشار اتمسفر است. این سیستم در انتقال نیوماتیک استفاده‌ی فراوانی دارد. اگرچه این سیستم‌ها می‌تواند به چند نقطه تغذیه کند اما باید دقت داشت چون نشت هوای کل سوپاپ‌ها، نسبت هوای موردنیاز برای انتقال را تغییر می‌دهد. شکل ۱ سیستم انتقالی فشار مثبت را نشان می‌دهد.



شکل ۱- سیستم انتقالی فشار مثبت

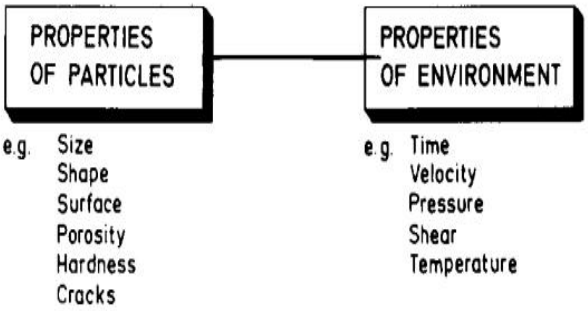
۲) سیستم انتقالی فشار منفی (خلائی)

سیستم انتقالی فشار منفی به‌طورمعمول برای کشیدن مواد از چندین نقطه به یک نقطه استفاده می‌شود. بین وسایل تغذیه‌کننده و نقاط تغذیه در مسیر اختلاف فشار کم یا هیچ اختلاف فشاری به وجود نمی آیدکه موجب بروز مشکلات شود. شکل ۲ سیستم انتقالی فشار مثبت را نشان می‌دهد.



شکل ۲- سیستم انتقال فشار منفی(خلائی)

سیستم فشار منفی به‌طور وسیعی برای کشیدن مواد از انباره باز استفاده می‌شود.همچنین این سیستم‌ها می‌توانند به‌طور مؤثر برای
تخلیه شناورها و به‌ویژه برای تمیز کردن گردهای پراکنده‌شده از سطح مخازن انتقال ذرات استفاده می‌شود. استفاده از کلاهک‌های تهویه در این مورد معمول است. در این نوع حمل‌ونقل از سیستم گاز-جامد استفاده می‌شود.مطالعات زیادی در خصوص انتقال نیوماتیک و سیستم گاز-جامد انجام‌گرفته است.این مطالعات به بهینه‌سازی فرایند انتقال هوا کمک کرده و منجر به بررسی روش‌های مختلف سیستم‌های انتقال می‌شود. جریان دوفازی گاز-جامد در یک لوله عمودی به‌طور طبیعی و ذاتی ناپایدار است. با توجه به پیچیدگی سایش، فرآیندهای فرسایشی به‌خوبی تا به امروز مشخص نشده است. یکی از دلایل این است که در بسیاری از مطالعات انجام‌شده، تمایز روشن‌بین شرایط تنش تولیدشده توسط فرایندهای مربوطه (به‌عنوان‌مثال، اصطکاک در یاتاقان‌ها، انتقال نیوماتیک و یا بسترسیال)واکنش مواد خاص به تنش وجود ندارد و با شرایط واقعی مطابق نیست. برای پرداختن به پدیده‌های فرسایشی، روش‌های مختلف بررسی‌شده است. آزمایش‌هایی در سکوهای نسبتاً پیچیده تحت شرایط تنش نزدیک به فرآیندهای صنعتی انجام‌شده ولی معمولاً به‌خوبی تعریف نشده‌اند.تعیین شکستگی ذرات و سایش در طول حمل‌ونقل می‌تواند برای برخی از کاربردهای صنعتی مفید باشد(کالمن، ۱۹۹۹). سایش ذرات فقط مختص صنعت نیست بلکه در طبیعت مثل سواحل دریا یا در دشت و محیط‌های باز نیز رخ می‌دهد. پارامترهای سایش را می‌توان در دودسته مهم طبقه‌بندی کرد:

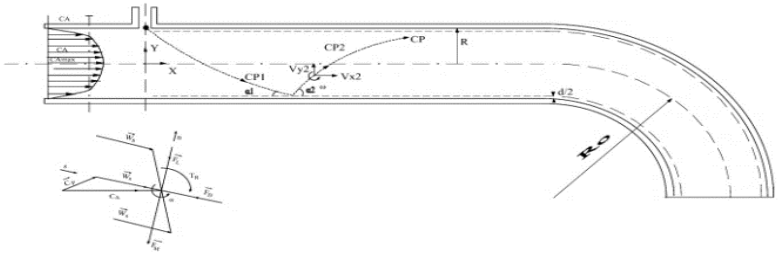


بنابراین، تجزیه‌وتحلیل ساییدگی در زانویی بسیار مهم است. اگر نیروی برخورد بیشتر از استحکام ذره باشد،ذرات در برخورد اول می‌شکنند. سرعت برخورد، زاویه برخورد و قابلیت ارتجاعی برخورد به میزان قابل‌توجهی تحت تأثیر نیرو و قدرت ضربه است. وقتی زمان برخورد طولانی باشد اثر آن به‌عنوان خستگی دیده می‌شود. تعداد زانویی و قابلیت ارتجاعی زانویی، تعداد برخورد را تعیین می‌کند.پارامترهای اصلی مؤثر بر شکستگی و لایه‌لایه شدن ذرات در انتقال نیوماتیک سرعت هوا و ذرات ، نرخ برگزاری، ساختار زانویی،خواص ذرات مانند توزیع اندازه، شکل و جنس هست. با توجه به این پارامترها و تأثیرشان نرخ ساییدگی و رفتار آن بررسی می‌شود. از مدت‌ها قبل محققان متوجه شده‌اند که ساییدگی اصلی در زانویی رخ می‌دهد، مطالعات زیادی به جریان و

مکانیم ساییدگی در زانویی‌های مختلف اختصاص داده‌شده است.ساییدگی توزیع اندازه ذرات را تغییر خواهد داد و ممکن است ذرات از محدوده خود خارج شوند. ساییدگی، درهرصورت، میزان خرده‌ریزه‌ها را افزایش و اندازه متوسط ذرات را کاهش می‌دهد. این امر نیاز به یک جداکننده سنگین و پیچیده‌تر در پایان خط لوله دارد که می‌تواند آلودگی هوا را نیز افزایش دهد.افزایش میزان خرده‌ریزه‌ها در ذرات معمولاً باعث کاهش توانایی انتقال جریان شود و باعث افزایش تمایل برای ایجاد قالب بدون حرکت و ایجاد رسوب می‌شود.بسیاری از تغییرات خط لوله انتقال نیوماتیک مصرف انرژی در سیستم انتقال را افزایش می‌دهد. شکستگی ذرات در بسیاری از سیستم‌های انتقال نیوماتیک می‌تواند به یک مشکل عمده برای محصولات ذره‌ای باشد. در برخی موارد، انتقال، توزیع اندازه و ظاهر ذرات ممکن است به‌طور قابل‌توجهی مشخصات خود محصول را تغییر دهید. در مواردی ممکن است که تکه‌تکه شدن محصول آن‌قدر شدید باشد که هوادهی وویژگی‌های فاز جریان به‌شدت تغییر کند. شکستگی ذرات در سیستم‌های انتقال رقیق به‌طور گسترده موردمطالعه قرارگرفته است. در اغلب موارد اندازه‌گیری‌ها در جریان ذرات در یک سیستم انتقال نیوماتیک خاص است.این مطالعات اطلاعات باارزشی را برای به حداقل رساندن شکستگی ذرات در انتقال فراهم کرده‌اند. بااین‌حال، بسیاری از متغیرهای در پیش‌بینی مکانیسم شکستگی ذرات درگیر هستند و هر شخص مطالعات خود را محدود به یک سیستم خاص و روی متغیرهای خاصی تمرکز کرده است. بنابراین، آن‌ها تا حد زیادی برای پیش‌بینی شکستگی از ذرات در سیستم‌های دیگر نامناسب هستند.تمایز نامشخصی بین پودرشدگی و ساییدگی وجود دارد. هردو مورد ذرات بزرگ‌تر

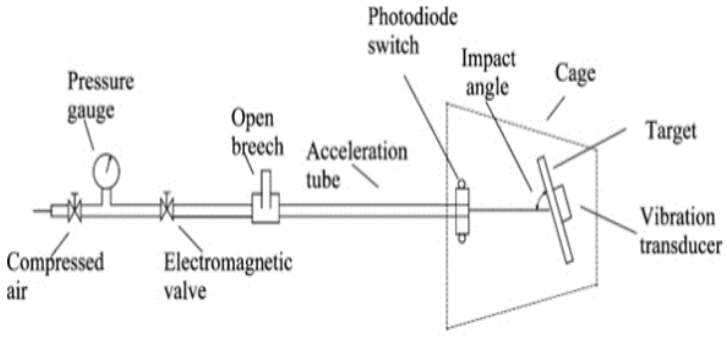
را به ذرات ریزتر می‌شکنند و هر دو باخرد کردن و ساییدن ذرات را به قطعات کوچک تقسیم می‌کنند. در پودرشدگی شکست ذرات عمدی و مطلوب است اما در سایش شکست تصادفی و ناخواسته است. علت بیشتر شکست‌ها یا ساییدگی ذرات از حرکت مکانیکی بین ذره و دیگر اجسام که ممکن است برخورد با دیواره محفظه یا ذرات دیگر باشد. نیروهایی که باعث شکست یا ساییدگی می‌شوند ممکن است ناشی از برخورد بین ذراتی که انرژی جنبشی از برخورد جذب کرده و به‌سرعت حرکت می‌کنند باشد . حرکت بین ذرات اغلب به‌وسیله جریان مواد ایجاد می‌شود جایی که ذرات به‌وسیله جریان احاطه‌کننده حمل می‌شود. این برخوردها در انتقال نیوماتیکی و هیدرولیکی رخ می‌دهد. در این سیستم‌های انتقال برخورد ذره با ذره در سرعت‌های پایین بیشتر رخ می‌دهد تا برخورد ذره با دیواره. در بعضی موارد مثل محصول نهایی کود که پلت خوراک دام هست، مطلوب است که تمامیت ساختار ذرات آن باقی بماند تا زمانی که توسط حیوان خورده شود(کرامپتون، ۱۹۸۵). قرص‌های کروی،به‌راحتی و با اطمینان زیادی در ذخیره‌سازی سیلوها استفاده می‌شود درحالی‌که خرده‌ریزه‌ها باعث ایجاد مشکلاتی می‌شوند مانند تغییر فاز جریان و گرفتگی در ناودانی‌ها.گردوغبار حاصله منجر به از دست دادن مستقیم مواد غذایی کود شده و مشکلاتی هم در محیط رشد حیوان ازنظر بهداشت و آلودگی ایجاد می‌کند. علاوه بر این،ارزش غذایی قرص‌های ساییده شده نسبت به قرص‌های سالم کود کاهش می‌یابد (کرتزو همکاران، ۱۹۸۱؛وینوویسکی،۱۹۹۵).پیچمانیو همکاران، (۲۰۰۳)سه مکانیم مختلف برای تعیین تخریب ذرات در انتقال نیوماتیک شناسایی کردند: (۱) خسارت ناشی از سایش و ساییدگی سطح پلت که تولید ذرات جدید بسیار کوچک‌تر از محصول اولیه می‌کند. این فرایند می‌تواند از برخورد ذره با ذره یا برخورد ذره با دیواره لوله ناشی شود. (۲) مکانیسم ورقه ورقه شدن که در آن قطعات بزرگ‌تر مواد از ذرات ریز حذف می‌شود.

گوشه‌ها و لبه‌های روی ذرات مستعد ابتلا به این حالت از آسیب است، چراکه آن نقاط خیلی ضعیفی هستند.سلمان و همکاران(۲۰۰۲) از یک کود معمولی (۳۰٪N، ۲۰٪۵O۲P، ۲۰٪O۲K) را که از یک ماده نسبتاً ضعیف ساخته‌شده بود، استفاده کردند. این ذرات تقریباً کروی بودند. قطر ذرات به ترتیب ۳,۲، ۵,۱۵ و ۷,۱ میلی‌متر بود. آن‌ها در فاز رقیق انتقال، از برخورد بین ذرات صرف‌نظر کرد. بنابراین، تکه‌تکه شدن ذرات تنها زمانی رخ می‌داد که ذرات با دیواره برخورد کنند.در مرحله اول، آزمایش را تنها با لوله‌های افقی انجام دادند. شکل ۳ مسیر پرتاب گلوله در خط لوله‌آزمایش سلمان را نشان می‌دهد.



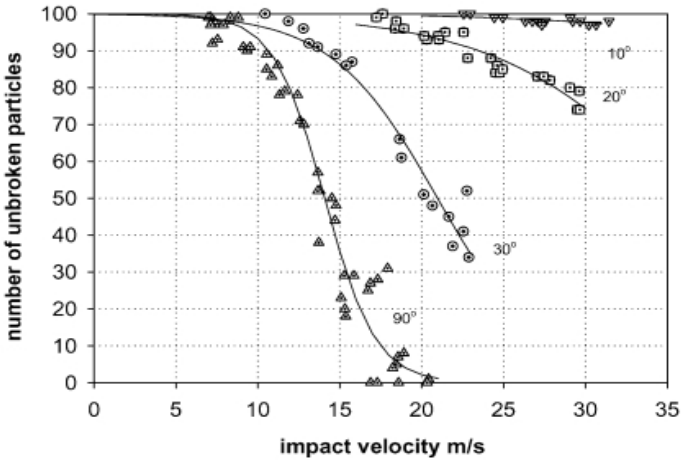
شکل ۳ - مسیر پرتاب گلوله در خط لوله‌آزمایش سلمان و همکاران(۲۰۰۲)

آزمایش بعدی با لوله‌های افقی و زانویی انجام شد. در هر دو مورد ذرات به سیستم در ورودی لوله افقی تزریق شد.زمان انتشار با ماشه فوتوالکتریک ثبت شد. در پایان سیستم ذرات با دیافراگم متصل به یک مبدل الکترومغناطیسی برخورد کردند و زمان ورود ذرات با سیگنال الکتریکی فیلترشده به‌دقت تعیین شد. تطابق خوبی بین زمان اندازه‌گیری شده در طول سیستم با متوسط سرعت هوا در مقایسه با نتایج شبیه‌سازی‌شده وجود داشت. از قفسه پارچه‌ای در خروجی زانویی برای جمع‌آوری ذرات استفاده‌شده است. تعداد ذرات سالم شمارش و ثبت شد. شکل ۴ ترکیب شماتیک دستگاه و سیستم اندازه‌گیری سلمان را نشان می‌دهد.

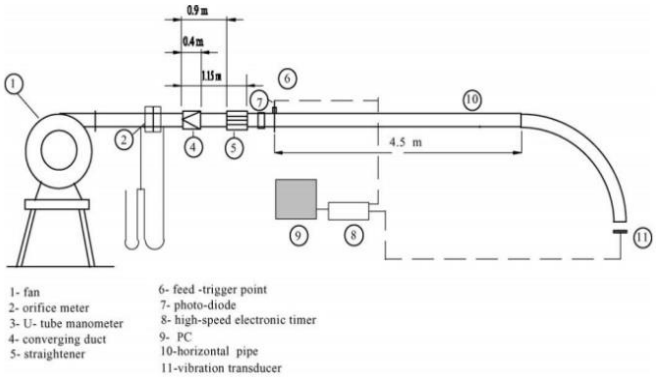


شکل۴- ترکیب شما تیک دستگاه و سیستم اندازه‌گیری سلمان و همکاران (۲۰۰۲)

ذرات در برخورد به هدف فولادی در طیف زاویه از ۱۰-۹۰ (عمود) و محدوده سرعت برخورد ۳۵-۵متر بر ثانیه، خرد شدند. نتایج نشان داد که در لوله‌های افقی هیچ تکه‌تکه شدن ذراتی رخ نداد. با افزایش سرعت برخورد تعداد ذرات شکسته کاهش یافت. همچنین با کاهش قطر لوله شکستگی ذرات افزایش یافت. آن‌ها از بررسی اثر سرعت ذرات دریافتند که در زیر سرعت آستانه هیچ تکه‌تکه شدن رخ نمی‌دهد. ازاین‌رو، برای جلوگیری از تکه‌تکه شدن ذرات ضروری بود که سرعت زیر مقدار آستانه باقی بماند. آن‌ها بیان کردند این مدل می‌تواند برای پیش‌بینی شکستگی ذرات برای هر پیکربندی انتقال نیوماتیک به کار گرفته شود. در این مدل همچنین انعطاف‌پذیری در انتخاب مواد لوله و ضخامت وجود دارد. محدودیت اصلی این مدل قطر ذرات است (بین ۰,۴ و ۱۲ میلی‌متر) که ناشی از ظرفیت تفنگ هوا است که دستیابی به نتایج مطالعات تأثیر ذرات واحد محدود را کنترل می‌کند. شکل ۵ نتایج حاصله از ذرات شکسته شده در سرعت‌های برخورد ۳۵-۵ متر بر ثانیه را نشان می‌دهد.



شکل ۵ - نتایج حاصله از ذرات شکسته شده در سرعت‌های برخورد ۳۵- ۵متر بر ثانیه از آزمایش سلمان و همکاران(۲۰۰۲)



شکل ۶- ترکیب شما تیک مسیر انتقال ذرات در آزمایش سلمان و همکاران(۲۰۰۲)

ایشان ساییدگی ذرات کود را به‌عنوان تابعی از سرعت در زوایای تأثیر مختلف موردمطالعه قراردادند و نشان دادند که ذرات شکسته شده برای زاویه بین ۵۰ و ۹۰ نسبتاً مشابه بود. برای زاویه کمتر (۱۵)،شکستگی ذرات با کاهش زاویه ضربه، کاهش‌یافته است.این نتیجه نشان می‌دهد که زانویی شعاع بلند با زاویه تأثیر پایین‌تر، می‌تواند نسبت به زانویی شعاع کوتاه سایش کمتری ایجاد کند. گانر (۲۰۰۷)،یک نقاله انتقال نیوماتیکی کم‌فشار مثبت در گروه ماشین‌آلات کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آنکارا طراحی و مورد آزمایش قرار گرفت. وی ویژگی‌های انتقال دانه گندم (گندم دو روم)، جو (ولگاری از جو)، آفتابگردان (آنولوس آفتابگردان) و عدس (عدس) تعیین کرد. همچنین آسیب‌های مکانیکی، سرعت جوانه‌زنی و شاخص قوه نامیه بذر را نیز موردمطالعه قرارداد. شکل ۷ ترکیب خط انتقال ساخته‌شده توسط گانر را نشان می‌دهد.

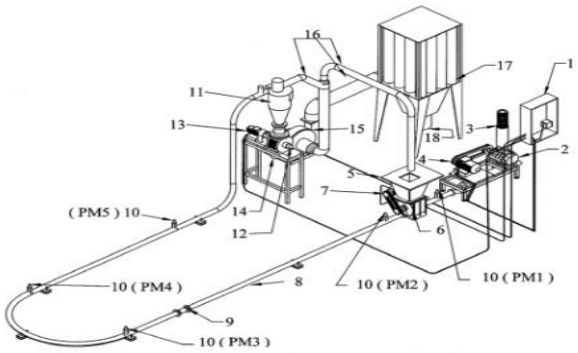


Fig. 1. The general arrangement of the pneumatic conveyor: 1, control unit; 2, roots blower; 3, air inlet filter; 4, roots blower motor; 5, seed hopper; 6, rotary feeder or hopper airlock feeder; 7, rotary feeder motor; 8, seed pipe; 9, transparent tube; 10, pressure drop measurement tappings; 11, cyclone separator; 12, cyclone separator airlock; 13, cyclone separator airlock motor; 14, seed discharge; 15, vacuum blower; 16, dust pipes; 17, dust collector or exhaust air filter; 18, light foreign materials; PM1–PM5, pressure measurement points.

شکل ۷ – ترکیب خط انتقال ساخته‌شده توسط گانر(۲۰۰۷)

وی ذرات موردمطالعه خویش را در دو نرخ سرعت هوابررسی کرد. پس از انجام آزمایش به این نتایج رسید.با افزایش سرعت هوا 12/70-32/52متربرثانیه، آسیب‌های مکانیکی برای گندم از ۰,۳۹٪ به ۰,۹۶٪ افزایش یافت. همچنین برای جو، آفتابگردان و عدس نیز به ترتیب از ۱,۴۶٪ ، ۴,۱۴٪ و ۸,۲۶٪،به ۳,۶۰٪،۱۰,۱۷٪ و ۲۰,۲۷٪افزایش یافت.درنتیجه سرعت هوا باید به‌عنوان مهم‌ترین عامل در تعیین آسیب در نظر گرفته شود. تجزیه‌وتحلیل آماری نشان داد که اثر سرعت هوا بر روی آسیب‌های مکانیکی، جوانه‌زنی و شاخص بنیه بذرمهم در سطح معنی‌داری ۵٪معنی‌دار بود. طبق نتایج وی بیشترین افت فشار هوا برای گندم به دست آمد، درحالی‌که کمترین افت فشار برای آفتابگردان بود.

افت فشار،سرعت هوا را برای همه دانه‌ها را افزایش می‌دهد. افت فشار به‌طور مستقیم با ظرفیت انتقال تغییر می‌یابد.بالاترین توان موردنیاز برای گندم به دست آمد، درحالی‌که پایین‌ترین آن برای آفتابگردان بود. با در نظر گرفتن قطر لوله و سرعت هوا، توان موردنیاز با افزایش ظرفیت انتقال برای تمام‌دانه‌ها افزایش می‌یابد. فشار با افزایش سرعت هوا تغییر می‌کند پس مطلوب است که برای کار در کمترین مقدار ممکن سرعت هوا، قدرت موردنیاز را باید کم در نظر گرفت. اما خطر شکست را باید در نظر داشت چون شکست وقتی رخ می‌دهد که انرژی جریان هوا برای فرایند انتقال ناکافی باشد.سرعت انتقال بالا می‌تواند منجر به شکست محصول شده و ذره را از مسیر خود منحرف سازد. این برخوردهای سخت می‌تواند نمونه را به ذرات بزرگ و هم‌اندازه یا کوچک‌تر بشکند(کلیزینگ ۱۹۹۷). مکانیسم گریفیث (۱۹۲۱)می‌تواند شکستگی را از رشد ترک‌ها ایجادشده در مواد حساب کند. (تی سونگو و همکاران، ۱۹۹۹) بیان کرد که در طول رشد ترک، انرژی فشاری با سرعت صوت آزاد می‌شود، و از طریق رشد ترک در قطعات مختلف مواد از بین می‌رود.

طبق بیان تیلور (۱۹۹۸) ساییدگی ذرات متناسب است با مربع سرعت برخورد، اما پارامترهای خاص مواد مانند سختی ذرات و چقرمگی را هم باید در نظر گرفت.علاوه بر سرعت ذرات، سفتی و جنس زانویی و زاویه برخورد، نیروی برخورد را به زانویی لوله تعیین می‌کند.چن و سو (۱۹۸۲) با تعلیق یک بشقاب مسی با کمک‌فنر در زانویی ساییدگی دانه گندم را کاهش دادند. علاوه بر این، زانویی با شعاع بلند قابل‌انعطاف (لاستیکی) فرسایش بسیار کمتری نسبت به زانویی با شعاع طولانی ساخته‌شده از فولاد سفت‌وسخت دارد.(کالمن و گودر، ۱۹۹۸). برادلی(۱۹۹۹) توجه ویژه‌ای بر کیفیت محصول هنگام ارزیابی زانویی داشت، وی نشان داد برای برخی از مواد، زانویی Tمانند به‌طور قابل‌توجهی در مقایسه با انواع دیگر زانویی شکستگی را کاهش می‌دهد.

آرست(۲۰۰۴)، ساییدگی پلت(قرص)کود حیوانی را در طول انتقال نیوماتیک با در نظر گرفتن متغیرهای سرعت و شعاع زانویی بررسی کرد. قرص خوراک دام در انتقال نیوماتیک مستعد ابتلا به ساییدگی است. اثر سرعت هوا، شعاع زانویی و تعداد ضربات مکرر برای سه نوع کود تغذیه‌ای معمول در یک خط لوله به قطر ۱۰۰میلی‌متر موردبررسی قرار گرفت. برای ارزیابی کیفیت فنی پلت(قرص‌ها)از مدل وایبل استفاده شد. ساییدگی ذرات بین سه نوع کود مقادیر متفاوتی را نشان داد، اما در کل آسیب محصول با افزایش سرعت هوا برای هر سه خوراک افزایش می‌یابد. شعاع کوتاه زانویی (۱۵ سانتی‌متر) باعث آسیب بیشتر محصول در مقایسه با زانویی با شعاع بزرگ‌تر است که در همه‌ی سرعت‌های هوای انتقالی(۵۰-۲۰متربرثانیه) مورد آزمایش، اثبات شد. ساییدگی محصولات برای شعاع زانویی ۳۵ سانتی‌متر در مقایسه با یک زانویی با شعاع ۳۰ سانتی‌متر پایین‌تر بود، اما آسیب در زانویی با شعاع۶۰ سانتی‌متر نسبت به شعاع زانویی ۹۰ سانتی‌متر بالاتر بود. این مدل می‌تواند تخریب فیزیکی سه مواد ناهمگن را که به‌طور ویژه در معرض ساییدگی قرار دارد را توصیف کند. تنش شکست برای هر سه نوع کود با توزیع وایبل نشان داده‌شده است. وقتی نیروی برخورد در زانویی

از آستانه شکست ذرات تجاوز کرد منجر به سایش می‌شود. قرص‌های کود 'کومبی نورم "پس از تکرار برخوردهای بیشتر به‌تدریج ضعیف شدند. متوسط سایش با زانویی ۳۰سانتی‌متری پس از چهار گذر۱۱/۵٪بود و میزان ساییدگی در زانویی ۶۰ و۹۰سانتی‌متری ۱۰و ۱۰/۴٪ ثبت شد.آرنولد، (۱۹۹۳) بیان کرد که علاوه بر سرعت ذرات، سفتی زانویی و زاویه برخورد ذره نیز نیروی برخورد را به زانویی لوله تحمیل می‌کند. طراحی زانویی بهینه با حداقل خسارت محصول با سرعت انتقال ، شعاع زانویی و کیفیت فنی محصول منتقل‌شده رابطه دارد.مدل عددی اویلر لاگرانژ توسط ییلماز و لوی در سال (۲۰۰۱)تحقیق شد و تطابق خوبی با نتایج تجربی آن‌ها نشان داد. آن‌ها همچنین نشان دادند که جریان خروجی از زانویی ۹۰ درجه مسئول پراکندگی جریان ذرات پس از زانویی بود. علاوه بر این، اثرات متقابل ذرات در داخل زانویی کمتر وابسته به شعاع زانویی است نسبت به‌سرعت انتقال (لی و شن.، ۱۹۹۵). در این مطالعه، توزیع غلظت مواد جامد در رژیم‌های جریان‌های مختلف در یک لوله عمودی با زانویی ۹۰ آزمایش شد و سپس با استفاده از روش تجزیه‌وتحلیل توموگرافی خازن الکتریکی (ECT)بررسی شد. علاوه بر این، شبیه‌سازی عددی با استفاده از دینامیک سیالات محاسباتی (CFD)، انجام شد و داده‌های تجربی با شبیه‌سازی عددی مقایسه شده است. مدل جریان دومرحله‌ای اویلر اویلر برای شبیه‌سازی متراکم و رقیق فاز جریان مواد جامد در زانویی عمودی تایید شد.

۳- نتایج:

ساییدگی ذرات با افزایش سرعت انتقال هوا افزایش می‌یابد و شعاع زانویی کوتاه فرسایش بیشتری را در همه سرعت انتقال نسبت به زانویی با شعاع بلندتر نشان داد. این فرضیه که زانویی کوتاه‌تر در سرعت‌های پایین‌تر مطلوب است، با نتایج تجربی تأیید نمی‌شود. اثر زانویی در ایجاد و گسترش سایش بیش از سایر عوامل است و طراحی زانویی بهینه با حداقل خسارت محصول با سرعت انتقال ، شعاع زانویی و کیفیت فنی محصول منتقل‌شده رابطه دارد. اگر نیروی برخورد در زانویی کمتر از سطح آستانه‌ی شکستگی باشد، سه حالت رخ می‌دهد:

i. ساییدگی سطح
ii. حالت ورقه ورقه
iii. تخریب ذره

با افزایش بارگذاری توده‌ی مواد جامد، احتمال دارد که ذرات به‌صورت گرد، ورقه ورقه و خوشه درآید. برخی از جریان ذرات حتی ممکن است به عقب برگشته و یا در نزدیکی دیواره لوله بلغزند(روتیانن و همکاران، ۱۹۹۹).بنابراین، پارامترهای مؤثر بر نرخ سایش را می‌توان عملاً به سه دسته تقسیم‌شده است.

۱) استحکام ذرات:

a. جنس ذرات
b. اندازه و شکل ذرات

۲) پارامترهای عملیات:

a. سرعت ذرات،

b. توزیع ذرات- نرخ بارگذاری.

۳) ساختار زانویی:

a. شعاع انحنا(زاویه برخورد)،

b. جنس سازه

c. نوع زانویی

d. تعداد زانویی

مراجع:

1. A.D. Salman, M.J. Hounslow, A. Verba , 2002, ”Particle fragmentation in dilute phase pneumatic conveying” Powder Technology ,126,pp. 109– 115.
2. A.D. Salman, M.J. Hounslow, A. Verba, 2002 ,” Particle fragmentation in dilute phase pneumatic conveying”, Powder Technology, 126.PP. 109–115.
3. Aarseth K A; Prestlokken E, 2003, ” Mechanical properties of feed pellets”,Weibull Biosystems Engineering,84(3),PP.349361.
4. Bradley M N., Ducker, S., Jones, M., Knight, R., 1999. ” Understanding and controlling attrition and wear”, In: Mainwaring, (Eds.), Successful Pneumatic Conveying. Professional EngineeringPublishing, Trowbridge, pp. 53–64.
5. C. R. BEMROSE and J. BRIDG WATER , 1987. “A Review of Attrition and Attrition Test Methods”,Powder Technology, 49, pp.97 – 126.
6. Chen C; Soo S L, 1982. ” Attrition and de hulling of grains in pneumatic conveying”. Journal of Pipelines, 2, PP.103–109.

7. Crampton .V.O, 1985. ”The application of nutritional findings to the formulation practical diets”, Nutrition and Feeding in Fish, Academic Press, London,PP.447-464.
8. Griffith A A, 1921. ” The phenomena of rupture and flow in solids”, Philosophical Transactions of the Royal Society of London, A, 221.PP. 163–198.
9. H. Kalman, 1999. ”Attrition control by pneumatic conveying”, Powder Technology ,104,pp. 214–220.
10. K.A. Aarseth, 2004. ”Attrition of Feed Pellets during Pneumatic Conveying: the Influence of Velocity and Bend Radius”, Bio systems Engineering 89 (2), PP.197–213,
11. Kalman H; Goder D, 1998. ” Design criteria for particle attrition”, Advanced Powder Technology, 9, PP.153–167,
12. Kertz A F; Darcy B C; Prewitt L R , 1981. ” Eating rate of lactating cows fed four physical forms of the same grain ration”, Journal of Dairy Science, 64,PP. 2388–2391.
13. Klinzing G E; Marcus R D; Rizk F; Leung L S Pneumatic Conveying of Solids, 1997. ” A Theoretical and Practical Approach”, Chapman & Hall, Bury St. Edmunds, Suffolk .
14. Lai YengLeea, Tai Yong Queka, 2004. ” Pneumatic transport of granular materials through a 90bend”, Chemical Engineering Science 59,PP. 4637–4651,
15. Lars Fryea , Wolfgang Peukert, 2004. ” Progress in the understanding of bulk solids attrition in dilute phase pneumatic conveying”, Powder Technology 143– 144.PP, 308–320,
16. Li, X., Shen, H.H., 1995. ” Dilute phase pneumatic transport of granular materials in a pipe bend”, Gas-Particle Flows, ASME FED- vol. 228,
17. M.Guner, 2007. ”Pneumatic conveying characteristics of some agricultural seeds”,Journal of Food Engineering ,80,pp . 904–913.
18. Pitchumani R; Meesters G M H; Scarlett B. Breakage, 2003. ”behavior of enzyme granules in a repeated impact test,”Powder Technology, 130(1–3), 421–427.
19. Taylor T , 1998. ”Specific energy consumption and particle attrition in pneumatic conveying,” Powder Technology, 95, PP.1–6,
20. Tsoungui O; Vallet D; Charmet J C; Roux S , 1999. ”Size effects in single grain fragmentation,” Granular Matter, 2(1), PP.19–27,

21. Winowiski T S, 1995. ” Pellet quality in animal feeds”, Technical bulletin, American Soybean Association,pp. 1–5,
22. Wypych P W; Arnold P C , 1993. ”Minimizing wear and particle damage in pneumatic conveying. Powder Handling and Processing”, 5(2), PP.129–134,
23. Yilmaz, A., Levy, E.K., 2001. ” Formation and dispersion of ropes in pneumatic conveying”, Powder Technology 114,PP.168–185.

Examining attrition agricultural products in pneumatic conveying

Abstract:

Particle attrition that is called broken particles in transport causes dust generation and particles fragmentation pipeline usually in bend its reason is a phenomenon which is particle impact inside pipe with pipe wall impact of a particle with other particles. Attrition in pneumatic conveying, like in other industrial processes, is an undesired and yet non preventable side effect .In any manufacturing, use or movement of particulate materials, some attrition is inevitable and has been reported in a wide range of processes and industries .like in studies of some researchers that have done some researches about this.

Keywords :"Attrition" ,"bend", "pneumatic", "feed pellets