

تعیین رفتار ویسکوالاستیک قطعات ساقه گندم با درجات خرد شدگی متفاوت

ابوالفضل گودرزی¹، عباس همت²، جلیل رضوی³

1- دانشجوی کارشناسی ارشد، مهندسی مکانیک ماشین های کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی

اصفهان، کد پستی 83111-84156

2-استاد گروه مهندسی مکانیک ماشین های کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان، کد پستی

83111-84156

3-استادیار گروه مهندسی مکانیک ماشین های کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان، کد

پستی 83111-84156

goudarziabolfazl@yahoo.com; ahemmat@cc.iut.ac.ir

چکیده

به منظور طراحی محفظه فشرده ساز یک دستگاه بسته بند استوانه ای برای جمع آوری بقایای به جای مانده پس از برداشت غلات، تعیین رفتار ویسکوالاستیک مواد ضروری می باشد. در پژوهش حاضر، آزمایش آسایش تنش پس از اعمال کرنش محوری در سه سطح (0/35، 0/45 و 0/65 درصد طول اولیه) بر چهار نمونه گندم (نرمة، کلش، مخلوط کلش و نرمة و خرمکوبی شده) در حالت محصور و در سه تکرار انجام گردید. در این آزمایش نمودار لگاریتمی تنش نسبت به زمان ترسیم گردید و مقادیر ضرایب مدل سه المانی ماکسول با استفاده از روش باقیمانده های متوالی برای هر سطح کرنش به دست آمد. رفتار مدل بدست آمده بسیار نزدیک به رفتار نمونه تحت آزمایش بود. نتایج نشان داد اندازه قطعات و سطح کرنش، اثر معنی-داری بر ضرایب مدل داشت. با افزایش سطح کرنش، ضرایب الاستیسیته مربوط به المان های مدل ماکسول افزایش یافت. با ترسیم نمودار نرمالایته میانگین تکرارها در سه سطح کرنش، نشان داد، رفتار کاهش تنش در دو سطح کرنش 0/45 و 0/65 درصد تقریباً یکسان بود.

کلمات کلیدی: گندم، کلش، مدل ماکسول، ویسکوالاستیک.

مقدمه

به منظور کاهش فضای انبار داری و هزینه حمل و نقل، تدابیری از جمله جبه کردن¹ یا فشرده کردن بقایا در بسته-هایی با اندازه کوچکتر صورت گرفته است. یکی از خاصیت های مهم رئولوژیکی مواد کشاورزی این است که تنش در هنگام اعمال تغییر شکل ثابت با گذشت زمان به طور پیوسته کاهش می یابد که به آن کاهش تنش می-گویند [توکلی، 1382]. نرخ کاهش تنش به ساختمان و مقدار تغییر شکل اعمال شده بستگی دارد. کاهش تنش محصولات کشاورزی را می توان با مدل عمومی ماکسول مدل سازی کرد. مدل عمومی ماکسول از چند المان ساده ماکسولی تشکیل شده است.

¹ pellet

با توجه به موارد ذکر شده اهداف این پژوهش عبارتند از:

- 1 - تعیین زمان کاهش تنش بقایا که زمان باز شدن درب بسته بند را دیکته می کند. با انتخاب زمان مناسب از بازگشت سریع حجم بسته های فشرده شده جلوگیری و مانع پارگی تور بسته بندی می شود.
- 2 - تعیین مدول الاستیسیته نمونه های مورد آزمایش در حین کاهش تنش.

مواد و روشها

انتخاب نمونه ها

چهار نمونه کاه گندم (نرمه، کلش، مخلوط کلش و نرمه و خرمنکوبی شده) توسط پارچه هایی که پشت کمباین بسته شده بود به صورت دست نخورده از مزرعه ای در شهرستان فریدن تهیه شد . بعد از جمع آوری بقایا، چهار نمونه بالا تفکیک شدند. تا حد امکان سعی شد نمونه ها از مزرعه ای که عاری از علف های هرز است جمع آوری شوند. رطوبت بقایا برابر با رطوبت در حین برداشت (7/4٪ بر مبنای تر) در نظر گرفته شد.

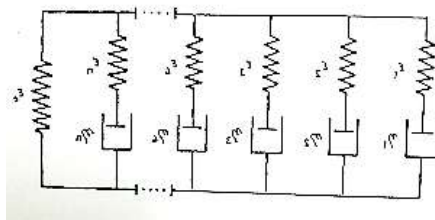
آزمایش کاهش تنش

برای فشرده سازی نمونه ها از یک دستگاه آزمون جامع کشش- فشار (ساخت شرکت هانسفیلد² انگلستان) موجود در دانشکده مواد دانشگاه صنعتی اصفهان با ظرفیت 5 تن نیرو و حداکثر سرعت 200 mm.min^{-1} استفاده شد. کانالی از جنس آهن به ابعاد $35 \times 45 \times 85 \text{ cm}$ که دو انتها آن باز بود تهیه شد. به دلیل محدودیت سرعت دستگاه، از حداکثر سرعت آن (200 mm.min^{-1}) استفاده شد. فشرده سازی در سه سطح کرنش طولی 35، 45 و 65 درصد انجام شد. با رسیدن به کرنش های مورد نظر حرکت دستگاه متوقف شده و با ثابت نگه داشتن کرنش، تغییرات نیرو به صورت پیوسته با زمان به مدت 3 دقیقه ثبت شد. با تقسیم نیروهای بدست آمده بر سطح مقطع کانال فشرده سازی تنش محاسبه شد.

نمودار تنش بر حسب زمان رسم گردید. اگر این نمودار در مقیاس نیمه لگاریتمی به صورت خطی باشد، معادله تنش تنها از یک جمله نمایی تشکیل شده است. اگر نمودار رسم شده به صورت منحنی باشد، معادله تنش از چندین جمله نمایی تشکیل شده است که با استفاده از روش باقیمانده های متوالی ضرایب آن محاسبه می شوند. شکل 1 مدل عمومی ماکسول را نشان می دهد. همچنین با تقسیم تنش بر کرنش اعمال شده ضریب الاستیسیته بدست آمد رابطه 1 مدول الاستیسیته را بر اساس مدل عمومی ماکسول نشان می دهد [Hu et al., 2009].

$$E(t) = \sum_{i=1}^n E_i e^{-t/\tau_i} \quad (1)$$

که در آن E_i حاصل تقسیم σ_i و کرنش اعمالی (Pa) می باشد.



² Hounsfield

شکل 1- دستگاه ماکسول همگانی

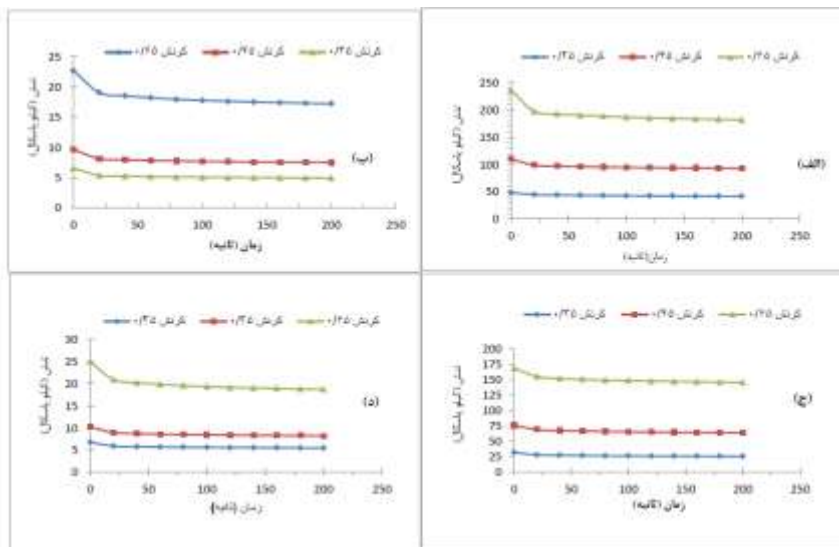
رابطه 2، معادله عمومی مدل ماکسول رانسان می دهد.

$$\sigma = \varepsilon_0 (E_1 \dot{\varepsilon}^{-\frac{1}{n_1}} + E_2 \dot{\varepsilon}^{-\frac{1}{n_2}} + E_3 \dot{\varepsilon}^{-\frac{1}{n_3}} + E_4 \dot{\varepsilon}^{-\frac{1}{n_4}}) \quad (2)$$

نتایج و بحث

کاهش تنش

شکل 2 مقادیر کاهش تنش نمونه های کاه خرمکوبی شده در 3 سطح کرنش 35، 45، 65 درصد را نشان می دهد. با رسم نمودار تنش، مشاهده شد با گذشت زمان 200 ثانیه از زمان آزمایش 25-10 درصد مقدار تنش کاهش یافت. در رفتار ویسکوالاستیک نمونه ها مشاهده شد، کاه نرمه دارای چهار عنصر ماکسول و سایر نمونه ها دارای سه عنصر ماکسول بودند و عنصر الاستیک به تنهایی در موازات مدل ماکسول برای مدل سازی مورد نیاز نمی باشد. همانطور که از نتایج شکل 2 مشاهده می شود، نتایج حاصل از مدل سازی و آزمایش ها مطابقت خوبی دارند.



شکل 2- نمودار کاهش تنش در 3 سطح کرنش (35، 45، 65 درصد)
الف) کاه خرمکوبی شده، ب) کلس، ج) کاه نرمه و د) مخلوط نرمه و کلس.

جدول 1 زمان های کاهش تنش نمونه ها را نشان می دهد. هم انطور که از نتایج جدول 1 مشاهده می شود کاه نرمه با توجه به شکل هندسی قطعات دارای چهار و سایر نمونه ها دارای سه مکانیزم ماکسول می باشند. به دلیل شکل قطعات کاه نرمه که به صورت نیمکره توخالی می باشد، با افزایش سطح کرنش، در هم فرو رفته، برگشت آنها سخت تر شده و نرخ زمان کاهش تنش آن کاهش یافت.

در نمونه کلس با افزایش سطح کرنش از 35 به 45 درصد به دلایلی شکسته شدن ساقه ها نرخ زمان کاهش تنش افزایش پیدا کرد. و با افزایش سطح کرنش از 45 به 65 درصد به دلایلی خارج شدن هوای بین قطعات و پرت شدن فضای خالی بین آنها، توده مواد به یک ماده یک پارچه تبدیلی شده و رفتار آن تغییر کرده و نرخ زمان کاهش تنش نسبت به سطح کرنش 45 درصد کاهش پیدا کرد. کمترین زمان کاهش تنش (مکانیزم سوم) تنش اولیه بین 14 تا

17 درصد کاهش پیدا کرد. در مکارنم اول بین 78-81 درصد تنش اولیه به صورت ماندگار بی با نرخ کاهش تنش خستگی کمی کاهش پیدا می کند.

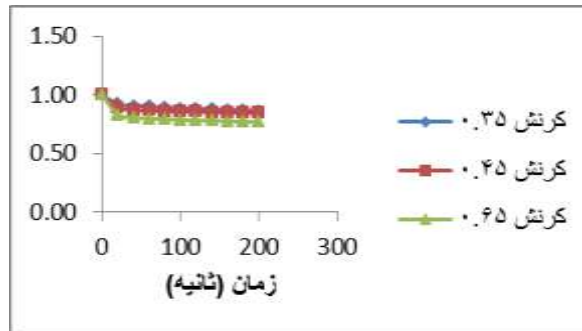
در نمونه کلس و نرمه با اضافه کردن درصدی نرمه به نمونه کلس دیگر با افزایش سطح کرنش نرخ زمان کاهش تنش افزایش پیدا نکرد. رفتار آن در کرنش 35 و 45 درصد شیب هم بود و با افزایش سطح کرنش از 45 به 65 درصد نرخ زمان آسایش تنش کاهش پیدا کرد که بین 13 تا 16 درصد تنش اولیه در زمان کمی توسط مکارنم سوم و بین 79 تا 83 درصد تنش اولیه به صورت ماندگار بی با سرعت خستگی کمی توسط مکارنم اول کاهش یافت. نمونه گاه خرمکوبی شده با افزایش سطح کرنش، تنش اولیه با تغییرات زیادی افزایش پیدا کرد. به دلیل کوچکی قطعات، اصطکاک داخلی ذرات و تنش اولیه بسزای زیاد نرخ زمان کاهش تنش کمتری را در مکارنم اول نسبت به سایر نمونه ها داشت که در سطح کرنش 45 درصد کاهش شدیدی پیدا کرد و با افزایش سطح کرنش از 45 به 65 درصد به دلیل یک پارچه مواد نرخ زمان کاهش تنش افزایش پیدا کرد.

جدول 1- زمان های کاهش تنش در 3 سطح کرنش (35، 45، 65 درصد).

نمونه	سطح کرنش	$\tau_{1,S}$	$\tau_{2,S}$	$\tau_{3,S}$	$\tau_{4,S}$
گاه نرمه	0/35	5000	60/6	56/18	8/33
	0/45	5555/55	54/64	57/47	11/11
	0/65	5882/35	25	166/66	13/33
کلس	0/35	5000	40	1/45	0
	0/45	3333/33	34/48	1/69	0
	0/65	4347/82	45/45	7/14	0
کلس و نرمه	0/35	5555/55	18/18	7/69	0
	0/45	5555/55	29/41	8/33	0
	0/65	3448/27	43/47	7/69	0
خرمکوبی شده	0/35	4347/82	40	2/27	0
	0/45	7142/85	33/33	10/31	0
	0/65	5555/55	50	8/33	0

نتایج نشان داد، با افزایش سطح کرنش ضرایب تنش مدل ماکسول افزایش پیدا کرد که بیشترین آنها مربوط به گاه خرمکوبی بود.

با نرمالیته کردن تنش ها در هر آزمایش (تقسیم تنش در هر لحظه بر تنش اولیه در هر آزمایش)، مشاهده شد که رفتار کاهش تنش نمونه خرمکوبی شده در دو سطح کرنش 35 و 45 درصد تقریباً شبیه هم است. نتایج برای نمونه خرمکوبی شده در شکل 3 نشان داده شده است.



شکل 3- نرمالیده کاه خرمکوبی شده در 3 سطح کرنش

ضریب الاستیسیته

با تقسیم تنش های بدست آمده بر کرنش، ضریب الاستیسیته بدست آمد و نمودار آن رسم شد. سپس با استفاده از روش باقیمانده های متوالی ضرایب مدل تعیین شد. ضرایب الاستیسیته نمونه ها در 3 سطح کرنش (35،45،65 درصد) در جدول 3 نشان داده شده است. با افزایش سطح کرنش به دلیل کاهش فضای خالی بین مواد و یک پارچه شدن آنها، مدول الاستیسیته افزایش پیدا کرد. در نمونه کاه نرمه به خاطر شکل قطعات که به صورت نیم - کره های توخالی می باشند با افزایش سطح کرنش در هم گیر کرده و درصد خیلی کمی از مقدار ضریب الاستیسیته آنها کاهش پیدا کرد و بیشتر آن به صورت ماندگار باقی ماند. نمونه کلش به دلیل بزرگی اندازه قطعات و فضای خالی زیاد بین قطعات دارای کمترین ضریب الاستیسیته نسبت به نمونه های دیگر بود. به همین خاطر تغییر کرنش از 35 به 45 درصد ضریب الاستیسیته چندان تغییری نکرده و در سطح کرنش 0/65 درصد با کاهش فضای خالی بین قطعات ضریب الاستیسیته افزایش زیادی داشت. در نمونه کلش و نرمه با اضافه شدن درصدی از نرمه به کلش ضریب الاستیسیته و تغییرات آن با تغییر کرنش افزایش پیدا کرد و با افزایش کرنش نرخ کاهش ضریب الاستیسیته افزایش پیدا کرد. در نمونه کاه خرمکوبی شده، با توجه به این که قطعات ساقه خورد شده و بسیار ریز می باشند فضای خالی بین آنها کم است، به همین خاطر ضریب الاستیسیته بسیار بالایی دارد و در تغییر سطح کرنش 0/35 به 0/45 نرخ زمان کاهش ضریب الاستیسیته به خاطر در هم فرو رفتن مواد و اصطکاک داخلی مواد کاهش پیدا کرد. ولی در سطح کرنش 65 درصد به دلیل یک تکه شدن مواد افزایش یافت.

جدول 2- کاهش ضرایب مدول الاستیسیته نمونه ها در 3 سطح کرنش

نمونه	سطح کرنش	E1(kPa)	E2(kPa)	E3(kPa)	E4(kPa)
کاه نرمه	0/35	75/39	2/1	2/15	10/84
	0/45	146/1	4/08	2/93	14/91
	0/65	230/5	5/15	6/64	17/21
کلش	0/35	14/76	0/34	3/46	0
	0/45	17/29	0/38	3/68	0
	0/65	27/76	1/69	5/42	0
کلش و نرمه	0/35	16/08	0/582	2/63	0
	0/45	19/03	0/7	2/98	0
	0/65	56/4	3/43	11/28	0

0	8/99	4/95	123/32	0/35	
0	25/91	5/5	212/21	0/45	خرمنکوبی شده
0	62/46	10/74	290/17	0/65	

منابع

1. توکلی هاشجین، ت.، 1382. مکانیک محصولات کشاورزی (ترجمه)، انتشارات سالکان.
2. شهریان، ع.، 1384. تعیین برخی از خواص رئولوژیکی یونجه و کاه و طراحی، ساخت و ارزیابی دستگاه فشرده ساز مضاعف بسته های علوفه، پایان نامه کارشناسی ارشد مکانیک ماشین های کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان
3. فقیری، م.، 1386. تعیین برخی خواص فیزیکی و رئولوژیکی برگ و سرشاخه های نیشکر به منظور طراحی مکانیزم جمع آوری و دستگاه بسته کن، پایان نامه کارشناسی ارشد مکانیک ماشین های کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان.
4. Emami, S. and L.G. Tabil. (2007). "Friction and compression characteristics of chickpea flour and components". *J.Power Tech.*175, 14–21.
5. Hu, Jian- Jun, Ting-ZHOU Lei, Guang-Yin Xu, Sheng-Qiang Shen, and Jun-Wei Liu. (2009). "Experimental study of stress relaxation in the process of cold molding with straw". *BioResou.* 4(3), 1158-1167.
6. Shaw, M.D. and L.G. Tabil. (2007). "Compression, relaxation, and adhesion properties of selected biomass grinds". *Agric.ul Eng. Int.: the CIGR E-journal.* Manuscript FP 07006. Vol. IX .
7. Viswanathan, R. and L. Gothandapani. (2002). "Pressure density relationships and stress relaxation characteristics of coir pith". *J.Agr. Eng. Res.* 73, 217-225.