طراحی پشت تراکتوری ماشین تولید بسته های فشرده سوختی از بقایای گیاهی (۵۶۰)

علی محرک[۱] ، محمد حسین آق خانی[۲]

چکیده

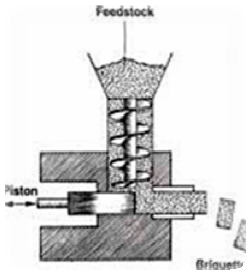
به منظور تولید بسته های فشرده سوختی از بقایای گیاهی از روشهای متعددی با توجه به فاکتورهایی از قبیل هزینه ساخت و راه اندازی، تکنولوژی ساخت، وسعت نیاز، سرعت کار، کاربری آسان و غیره استفاده می شود. در این مقاله به طراحی مقدماتی یک دستگاه پشت تراکتوری تولید بسته های فشرده سوختی از بقایای گیاهی پرداخته شده است. اتصال دستگاه به تراکتور به صورت دنباله بند است و توان مورد نیاز خود را از محور تواندهی دریافت می کند. سرعت تولید این دستگاه برای نصب برروی تراکتور MF 285 ۸۰ کیلوگرم در ساعت در نظر گرفته شده است. برای طراحی این دستگاه پرس نوع مارپیچی استفاده گردید. توان مورد نیاز برای این دستگاه ۱۷/۴ کیلووات تخمین زده شد که توسط محور تواندهی تراکتور تأمین می گردد. سرعت پرس برای این دستگاه ۳۷۰ دور در دقیقه در نظر گرفته شد. قطعات ماشین بریکت ساز مورد استفاده در بنگلادش که برای طراحی پورتابل دستگاه مناسب بود توسط نرم افزار Catia مورد آنالیز قرار گرفت و مناسب شناخته شد. وزن دستگاه ۹۴۰/۸ نیوتن برآورد گردید. فریم دستگاه توسط نرم افزار کتیا و بخش آنالیزر آن طراحی گردید و از قوطی فولادی ۸۰ × ۸۰ میلیمتر استفاده گردید . برای گرم کردن قالب از هیتر الکتریکی از نوع لوله ای استفاده گردید که طول المنت آن ۲۵۴ میلی متر، گام آن ۳۵ میلی متر، و قطر سطح مقطع ۸ میلی متر می باشد. این دستگاه برای تولید بسته های فشرده سوختی از سبوس برنج یا خاک اره یا هر دو با ترکیب حجمی ۱ به ۱ طراحی گردیده است. برای تولید ۸۰ کیلوگرم بریکت در نوع پورتابل، به طور متوسط باید ۸۹/۸۵ کیلوگرم بیوماس درون دستگاه ریخته شود.

کلید واژه: طراحی، بسته های فشرده سوختی، پرس مارپیچی، سبوس برنج، خاک اره

[۱] – دانش آموخته کارشناسی مکانیک ماشینهای کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
[۲] – استادیار گروه مکانیک ماشینهای کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

مقدمه:

بیوماس[۱] نوعی ماده آلی است که به وسیله گیاهان ، اعم از گیاهان خاکی و گیاهان آبی و مشتقات آنها تولید می شوند [۱] . بقایای گیاهی محصولات کشاورزی و جنگلی دارای بیوماس می باشند که قابل تبدیل به انـ ژی حرارتی می باشند . همچنین از زغال تهیه شده از بیوماس طی فرآیند های خاص می توان اتانول و سوخت بیوگاز تهیه نمود . بقایای مهم عبارتند از : سبوس (پوسته)برنج ، سبوس قهوه ، الیاف نارگیل ، الیاف کتان ، باگاس ، پوسته بادام زمینی ، ساقه خردل ، ساقه پنبه و خاک اره . بهترین روش برای استفاده از انرژی حرارتی بیوماس ، تبدیل آن به بسته هایی فشرده با نام بریکت[۲] ، می باشد[۱] . به لحاظ تاریخی ، تکنولوژی بریکت سازی بیوماس به دو روش کاملا جدا و متمایز شکل گرفته است . اروپا و ایالات متحده پرس تناوبی پیستونی [۳]را پیگیری کرده و رشد داده اند ، در حالیکه ژاپن به طورمستقل تکنولوژی پرس مارپیچی[۴] را ابداع کرده و گسترش داده است . هرچند هر دو تکنولوژی رای معایب و مزایای خاص خود هستند ، اما در سطح جهان اینگونه پذیرفته شده است که بریکت هایی که از روش پرس مارپیچی تهیه شده اند از نظر قابلیت نگهداری و اشتعال بـ یار هستند [۷] . در روش پیستونی مواد اولیه توسط یک هلیس تغذیه وارد محفظه مقابل پیستون می شود و توسط ضربه های متناوب پیستون ، با فشار بالا وارد قالب می شود و تحت فشار بالا توأم با گرما به بریکتی با چگالی بسیار زیاد تبدیل می شود . در این فرآیند پیستون حداکثر ۲۷۰ مرتبه در دقیقه حرکت می کند . طرح شماتیک عملکرد پرس پیستونی در شکل ۱ نشان داده شده است . این روش در گذشته برای مصارف تجاری بزرگ مورد استفاده قرار می گرفت [۵] .

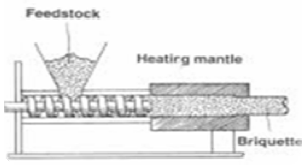


شکل ۱: نحوه عملکرد پرس پیستونی [۵]

اما در یک پرس مارپیچی ، مارپیچ در حال چرخش ، ماده را از دریچه (ناودانی ، قیف) تغذیه از طریق محفظه ای مخصوص دریافت می کند . و با یاری حدیده به ایجاد فشار در طول مارپیچ کمک می کند و آن را فشرده می کند . اگر حدیده موم اندود شده باشد ، بیوماس فشرده تر خواهد شد . معمولا حدیده برای صاف پرس شدن بریکت ، حرارت داده می شود . شکل ۲ نمایی ساده از نحوه عملکرد پرس مارپیچی ارائه داده است [۵].

---

۳. Biomass
٤. Briquette
٥. Piston press
۱.Screw press



شکل ۲ : نحوه عملکرد پرس مارپیچی [۵]

امروزه دستگاه بریکت ساز با پرس مارپیچی از بیشترین اقبال برخوردار بوده است . یک دستگاه بریکت ساز بیوماس بهینه شده از قسمتهای زیر تشکیل شده است :

- ماشین بریکت سازی با پرس مارپیچی
- پیش گرم کن بیوماس[۱]
- اجاق بریکت سوز گرم کننده قالب
- سیستم دودزدا[۲]

چون بریکت ها سوخت های تغییرشکل یافته هستند ، اجاق های سنتی برای کارآیی مناسب آنها مفید نیست . بنابراین در کنار توسعه دستگاههای بریکت ساز ، نیاز به یک اجاق تمیز وکاراً برای بالا بردن بازده سیستم می باشد. ۲نوع اجاق که توسعه یافته اند ، در لابراتوار بریکت سازی[۳] ، طراحی وآزمایش شدند . نوع دو حفره ای برای هتل ها ، قهوه خانه ها ، کارگاههای کوچک ،و یا خانواده های پرجمعیت و نوع یک حفره ای قابل حمل برای خانواده های کم جمعیت مناسب است . شکل ۳ و ۴ جزئیات کوره های تک و دو حفره ای را به ترتیب نشان می دهند[۴] .

شکل ۳ : اجاق تک حفره ای [۴]

۲.Pre Heater
۳.Smoke Removal System
۱. BITs Khulna

شکل ۴: اجاق دوحفره ای [۴]

اما ماشین بریکت ساز به بخشی از سیستم بریکت سازی اطلاق می شود که وظیفه تشکیل بریکت به عهده آن می باشد .

نوع پرس مارپیچی ماشین بریکت سازی از بخش های کلی زیر تشکیل شده است:

- بخش تغذیه[1]
- پرس مارپیچی
- بخش انتقال قدرت
- محفظه پرس
- گرم کن قالب

انواع متعددی از ماشین بریکت سازی ساخته شده و مورد استفاده قرار می گیرد . اما طبق بررسی BIT[2] دو ترکیب از ماشین های بریکت سازی دارای کارکرد بهینه بوده اند :

ترکیب ۱:

۱. ماشین بریکت سازی با موتور دیزلی
۲. اجاق تک حفره ای برای مصارف خانگی در خانواده های کم جمعیت
۳. قالبی که با احتراق بریکت سوز گرم کن قالب گرم می شود
۴. اجاق دوحفره ای برای استفاده های تجاری وخانواده های پرجمعیت وهتل ها و رستوران ها
۵. سیستم دود زدا

ترکیب ۲:

۱. ماشین بریکت سازی با موتور الکتریکی
۲. اجاق تک حفره ای برای مصارف خانگی در خانواده های کم جمعیت
۳. قالبی که با احتراق بریکت سوز گرم کن قالب گرم می شود
۴. اجاق دوحفره ای برای استفاده های تجری و خانواده های پرجمعیت و هتل ها و رستوران ها
۵. سیستم دود زدا [۵]

مواد و روش ها :

۲.Hopper

۱. Bangladesh institute technology

امروزه دو نوع ماشین بریکت ساز بیشترین عمومیت را دارا می باشند که با توجه به کشوری که بیشترین کاربرد را در آنها دارند با نام های ویتنامی و بنگلادشی شناخته می شوند . با توجه به اینکه وزن و توان مورد نیاز نوع بنگلادشی برای طراحی پورتابل دستگاه مناسب تر است ، لذا از این ماشین برای طراحی استفاده گردید . طبق اعلام AIT[1] سرعت دورانی مناسب برای استهلاک کمتر پرس ۳۷۰ دور در دقیقه اعلام شده است . فاکتورهای توان مصرفی برای سبوس برنج طراحی شده ، بدیهی است اگر از مخلوط خاک اره با سبوس برنج با نسبت حجمی ۱به ۱ استفاده کنیم ، توان مصرفی و استهلاک پایین می آید . در این دستگاه پورتابل ، با توجه به سرعت پرس ، همان طور که قبلا گفته شده ، نصب پیش گرم کن تأثیر چندانی ندارد و توان مصرفی و پیچیدگی دستگاه نیز بالا می رود ، لذا از طراحی پیش گرم کن برای ماشین بریکت سازی پشت تراکتوری صرف نظر گردید . با توجه به این موضوع نیازی به نصب سیستم دودزدا نیست ، چون علت نصب آن استفاده از دود برای پیش گرم کردن بود ، لذا برای ماشین پورتابل می توان در صورت نیاز به هر روشی دود را زدود . برا ی گرم کردن قالب هم از یک هیتر الکتریکی استفاده شد که یکی از جایگزین های آن ، هیتر بریکت سوزبود . اما با توجه به نیاز به کنترل دقیق حرارت قالب ، هیتر الکتریکی برای گرم نمودن قالب ماشین بریکت سازی پورتابل پیشنهاد گردید . طبق اعلام AIT سرعت تولید ۸۰ کیلوگرم در ساعت بریکت با سرعت دورانی ۳۷۰ دور در دقیقه پرس ، ماشین بیشترین بازده را خواهد داشت [۴].

طبق محاسبات انجام شده ، مقدار توان مصرفی برای تولید هر کیلوگرم بریکت در ساعت ۰/۱۳ کیلووات خواهد بود . توان مورد نیاز هیتر الکتریکی ، طبق گزارشات تجربی ، ۶ کیلووات است . بنابراین مقدار توان مورد نیاز برای انتقال از محور تواندهی به دستگاه با در نظر گرفتن ضریب اطمینان ۱/۱ ، ۱۷/۴ کیلووات بدست آمد . با توجه به استانداردهای محور تواندهی ، تیپ ۱ محور تواندهی با سرعت مشخصه ۵۴۰ دور در دقیقه توانایی تأمین این مقدار توان را داشت و انتخاب گردید . همچنین با توجه به محاسبات انجام شده و استاندارد ملی ایران به شماره ۲۵۶۱ میل کاردان تیپ ۱ و سایز ۴ با گشتاور اسمی ۴۰۰ نیوتن متر برای انتقال توان مناسب شناخته شد[۳] .

با توجه به عمومیت وارزانی سیستم انتقال قدرت تسمه ـ پولی که برای یک دستگاه پورتابل مورد نیاز است ، از این سیستم برای انتقال قدرت به ماشین بریکت سازی استفاده شد . قطر پولی متحرک را همان مقدار تعیین شده در کاتالوگ درنظر گرفته شد که ۴۶۰ میلیمتر بود [۵] . قطرپولی محرک را چنان انتخاب می کنیم که بتواند سرعت ۵۴۰ rpm را به ۳۷۳ rpm تبدیل کند . جنس پولی نیز از چدن می باشد [۵] . با توجه به رابطه (۱) قطر پولی محرک را ۳۱۸ میلیمتر بدست آوردیم [۲] .

$$n_1 d_1 = n_2 d_2 \qquad (۱)$$

با توجه به مقدار توان مصرفی ، ضریب کاری ۱/۱ برای ماشین بریکت ساز ، قطر پولی محرک ، و ضریب زاویه برابر ۱/۲۲ ، نوع تسمه SPB تعیین گردید [۲]. و تعداد تسمه از رابطه (۲) بدست آمد که مقدار آن ۳ بود .

$$Z = \frac{P.c_1.c_2}{P_N} \qquad (۲)$$

P_N=توان انتقالی هر تسمه درسرعت دورانی پولی کوچکتر (KW)
C_1 = ضریب زاویه
C_2 = ضریب کاری
P = توان مورد نیاز برای انتقال (KW)
Z = تعداد تسمه

پس برای انتقال توان به دستگاه ۳ عدد تسمه از نوع SPB تعیین گردید[۲] .

از دینام برای تأمین توان الکتریکی لازم برای هیترهای الکتریکی دستگاه استفاده می شود . باطری تراکتور توانایی تولید V ۱۲ ولتاژرا دارد . برای تأمین حرارت مورد نیاز قالب باید ولتاژی برابر ۲۲۰V تأمین گردد . از دینام

---

۲. Asian Institute Technology

برای تأمین این ولتاژ استفاده شد . این دینام بر روی ماشین بریکت سازی سوار می شود و توان حرکتی خود ا از پولی اصلی می گیرد . طبق گزارشات تجربی ، انرژی الکتریکی مصرفی برای هر کیلوگرم بریکت تولید شده در دمای ۴۱۰°C ، ۰/۰۶۷ kWh می باشد[۶] . لذا توان مصرفی هیتر های الکتریکی با در نظر گرفتن ضریب اطمینان ۱/۱، ۶ kW بدست آمد . باتوجه به توان مورد نیاز هیترهای الکتریکی و با توجه به دورهای اسمی الکترو موتور ها ، دینام DC با دور اسمی ۱۴۵۰ rpm توانایی تأمین توان۶ kw را دارا می باشد . اگر از دینام های شنت [۱] استفاده شود بهتر است چون این دینام ها می توانند این توان را تأمین کنند و از طرفی ارزان تر از سایر دینام ها می باشند . نکته مهمی که باید در انتخاب دینام در نظر داشت این است که نباید از نوع کمپوند باشد . پولی اصلی دستگاه ، پولی محرک دینام در نظر گرفته شد و از رابطه (۱) قطر پولی متصل به دینام ۱۲۰ میلیمتر بدست آمد . ضریب کاری ۱ در نظر گرفته شد و با توجه به مقدار توان مورد نیاز و سایر محاسبات ، تسمه نوع ۲۵۰- SPA انتخاب و تعداد آن از رابطه (۲) ، ۱ عدد تعیین گردید[۲] .

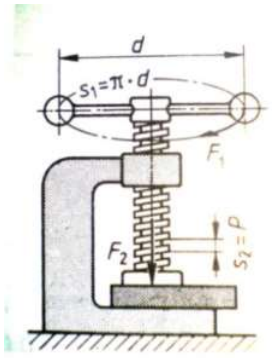
برای تعیین مقدار نیروی وارد بر بیوماس ها و بریکت ها از طرف پرس مارپیچی ، این پرس را یک پیچ انتقال قدرت درنظر گرفتیم . درپیچ های انتقال قدرت ، با توجه به شکل ۵ رابطه (۳) صادق است [۲] :

$$2\pi.M = P.F_2 \qquad (3)$$

M = گشتاور پرس (N.m)

F_2 = مقدار نیروی وارد بر پرس از طرف بریکت (N)

P = گام پرس (mm)



شکل ۵ : روابط نیرویی برای پیچ های انتقال قدرت [۲]

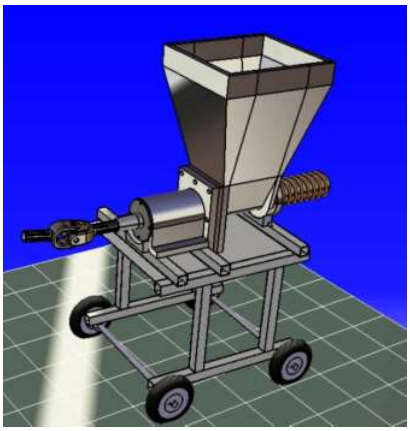
مقدار M با توجه به توان منتقله به شافت اصلی دستگاه ۲۹۱/۸۵ نیوتن متر بدست آمد . از این گشتاور ، با توجه به بازده پولی و شافت ، مقدار ۲۸۱/۶۱ نیوتن متر به پرس مارپیچی می رسد . حال با توجه به رابطه (۳) مقدار نیروی وارد بر پرس ۵۰ نیوتن تعیین گردید .

گرم کن های الکتریکی لوله ای برای گرم کردن قالب انتخاب گردید . طول المنت آن ۲۵۴ میلیمتر ، گام آن ۳۵ میلیمتر ، با قطر سطح مقطع ۸ میلیمتر توانایی تولید ۵۰۰ درجه سانتیگراد را با ۲۲۰ ولت و ۶ کیلووات توان را دارد . همچنین از بین کنترلر های موجود ، کنترلر Red Lion برای کنترل دمای قالب در ۴۱۰ درجه سانتیگراد انتخاب شد .

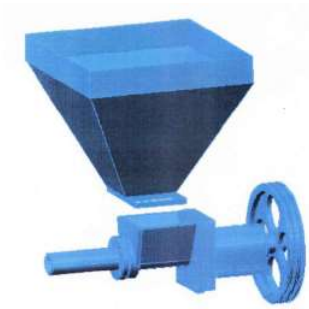
فریم دستگاه توسط نرم افزار کتیا و بخش آنالیزر آن طراحی گردید و از قوطی فولادی ۸۰ × ۸۰ میلیمتر استفاده گردید . شکل ۶ و ۷ مدل استخراج شده دستگاه را نشان می دهند .

---

۱. shunt

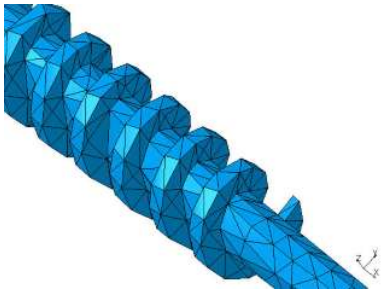


شکل ۶ : نمای استخراج شده دستگاه



شکل ۷ : نمای مونتاژی دستگاه

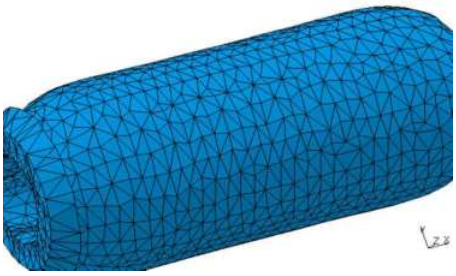
در انتهـا قطعـات مهـم دسـتگاه از جملـه پـرس ، شـافت اصـلی ، محفظـه قالـب و فـریم دسـتگاه در محـیط Generative Structural Analysis از نـرم افـزار کتیـا مـورد تحلیـل قـرار گرفتنـد و نتـایج رضایتبخـشی داشـتند . شکل ۸ نمای دفرم شـده و نقـاط بحرانـی پـرس مـارپیچی را بـا نـسبت دادن نیـروی ۵۰ نیـوتن و گـشتاور۲۸۱/۶۱ نیـوتن متـر در دمای ۳۵۰ درجه سانتیگراد نشان می دهد .



شکل ۸ : تصویر دفرم شده و نقاط بحرانی پرس ماریچی تحت بار

همانطور که از شکل ۸ قابل مشاهده است پـرس تحـت ایـن بـار فاقـد نقطـه بحرانـی خطـر سـاز اسـت . بـرای بخـش های دیگر دستگاه نیز آنالیز هـای مـشابه بـا بارهـای متناسـب انجـام گردیـد کـه بـه طـور مثـال در شـکل هـای ۹ و ۱۰ آورده شده است .

شکل ۹ : نمای دفرم شده شافت اصلی دستگاه که فاقد نقاط بحرانی خطر ساز است



شکل ۱۰ : تصویر تغییر شکل یافته قالب دستگاه که فاقد نقاط بحرانی و خطر ساز است.

نتایج و بحث :

در ادامه نتایج بخش طراحی در قالب ارائه مشخصات بیان می گردد . وزن دستگاه : ۹۴۰/۸ نیوتن ، حجم دستگاه : ۰/۰۲۶ مترمکعب ، طول دستگاه ۱۳۰۰ میلیمتر ، ارتفاع آن ۱۱۷۰ میلیمتر و عرض دستگاه بدون در نظر گرفتن محل دینام و فریم ، ۴۱۰ میلیمتر شد .گام پرس ۳۶ میلیمتر با زاویه مخروط ۱/۵۵ درجه ملاک قرار داده شد [۶] . شافت اصلی نیز طبق کاتالوگ ها ۴۵ سانتیمتر طول و ۷ سانتیمتر قطر دارد که در آنالیز مورد خاصی نداشت . ظرفیت تولیدی دستگاه ۸۰ کیلوگرم در ساعت بریکت در نظر گرفته شد که با توجه به پورتابل بودن دستگاه مناسب است . توان مورد نیاز برای دستگاه و دینام متصل به آن در مجموع ۱۷/۴ کیلووات تعیین گردید که محور تواندهی تیپ ۱ MF 285 با سرعت دورانی اسمی ۵۴۰ دور در دقیقه توانایی تأمین این توان را دارد . با توجه به اینکه سرعت تولید دستگاه ، ۸۰ kg/hr است ، طبق گزارشات تجربی برای تولید ۱۱۸/۶ کیلوگرم بریکت در ساعت ، ۱۳۳/۲ کیلوگرم بیوماس مصرف می شود ، برای تولید ۸۰ کیلوگرم بریکت در نوع پورتابل ، به طور متوسط باید ۸۹/۸۵ کیلوگرم بیوماس[۱] درون دستگاه ریخته شود [۷] .

پیشنهادات :

یکی از مهم ترین اهداف طراحی های آینده که به ذهن دانش پژوه می رسد ، طراحی ماشین بریکت سازی پورتابل می باشد که با توان هیدرولکی تراکتور کار کند . باتوجه به مزایای سیستم انتقال توان هیدرولیکی ، بسیاری از محدودیت های کارکرد این دستگاه برطرف می شود . یکی دیگر از افق های طراحی مربوط به غنی سازی این سوخت با ارزش است به طوریکه می توان با طراحی دستگاهی که مقدار مشخصی از یک ماده سوختی خاص را حین بریکت سازی ، تزریق می کند به سوختی غنی دست یافت و مهم تر از همه اینکه این فرآیند در مزرعه یا هر جای دیگر انجام گیرد. از پروسه های تجاری این دستگاه نیز می توان به طراحی یک ماشین بریکت ساز خودرو اشاره نمود که از مرحله برداشت تا ساخت بریکت در یک ماشین صورت گیرد که قطعا این دستگاه در جنگل های انرژی مفید خواهد بود از دیگر اهداف آینده که برای کشورمان خیلی مفید است ، طراحی ماشین بریکت سازی است

۱. اگر بخواهیم از خاک اره و سبوس برنج استفاده کنیم ، باید نسبت حجمی یک به یک را نیز لحاظ کنیم و سپس مقدار کیلوگرم هر کدام را بدست آوریم.

که انواع متنوعی از بیوماس را بتواند به بریکت تبدیل کند ، نظیر بازمانده های لایروبی کانال ها و بقایای صنایع چوب. یکی دیگر از پیشنهادات ، سخت کاری سطحی پرس مارپیچی است که باعث افزایش عمر پرس در سرعت های بالای ۳۷۰ دوردردقیقه می گردد .

فهرست منابع :

۱- نبهانی ، ندر . ۱۳۸۴ . سوخت واحتراق . انتشارات ناقوس ، تهران .
۲- ریوتلینگن ، اولریچ فیشر. عبدالله ولی نژاد . ۱۳۸۲ . جداول واستانداردهای ماشین سازی ، نشرطراح ، تهران .
۳- کمیسیون استاندارد ویژگی های محورانتقال نیروومالبند تراکتورهای کشاورزی . ۱۳۶۵. ویژگی های محورانتقال نیرو و مالبند درتراکتورهای کشاورزی به شماره ۲۵۶۱ مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران ، تهران .
4 – P. D. Grover & S. K. Mishra. Aptil 1996.Regional wood energy development pprogramme in asia.FAO . Bangkok.
5 – Aqa, S. and Bhattacharya, S.C. 1992. Densification of preheated sawdust for energy conservation.Energy institute technology . Londen.
6 – Md.Naosher ali moral,2002. Heated die screw press.RETS in Asia. Asian Institute of Technology.Thailand.
7 – Timothy J.VanPelt.May 2002.Biomass Densification . Lowa state University.AIT. Thailand.