

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

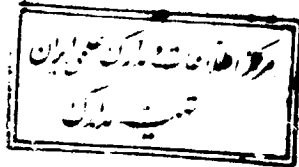
٣٣٢١٧

۱۳۸۰ / ۱ / ۱۰۰



دانشگاه صنعتی اصفهان

دانشکده مکانیک



بررسی تنشهای استاتیکی و حرارتی در فلانچ آسیابهای گلوله‌ای  
سیمان اصفهان بعد از توقف آسیاب

پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک طراحی کاربردی

کامبیز گودرزی

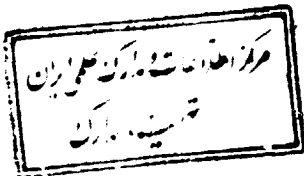
۱۰۰۹۱۱

استاد راهنما

دکتر حسن خادمی زاده

۱۳۷۹

۳۳۲۱۷





دانشگاه صنعتی اصفهان

دانشکده مکانیک

پایان نامه کارشناسی ارشد رشته مهندسی مکانیک طراحی کاربردی آقای کامبیز گودرزی  
تحت عنوان

بررسی تنشهای استاتیکی و حرارتی در فلانچ آسیابهای گلوله‌ای  
سیمان اصفهان بعد از توقف آسیاب

توسط کمیته تخصصی زیر مورد بررسی و تصویب نهائی قرار گرفت.

در تاریخ

دکتر حسن خادمی زاده  
دکتر سید حسن موسوی  
دکتر جواد زرکوب  
دکتر  
دکتر حسن خادمی زاده

۱- استاد راهنمای پایان نامه

۲- استاد مشاور پایان نامه

۳- استاد مشاور پایان نامه

۴- استاد داور

سرپرست تحصیلات تکمیلی دانشکده

# با حمد خداوند یکتا

## و با تشکر از

دکتر فادمی زاده

دکتر موسوی

دکتر زرکوب

مهندس مستوفی

مهندس شوشتری

مهندس اردستانی

کلیه حقوق مادی مترتب بر نتایج مطالعات ،  
ابتکارات و نوآوریهای ناشی از تحقیق موضوع  
این پایان نامه متعلق به دانشگاه صنعتی اصفهان  
است.

تقديم به :

پير

و

مادر م

## فهرست مطالب

<u>صفحه</u>	<u>عنوان</u>
هشت	فهرست مطالب .....
ده	فهرست اشکال .....
دوازده	فهرست جداول .....
۱	چکیده .....
<b>فصل اول : مقدمه</b>	
۲	۱-۱- معرفی آسیابهای گلوله ای .....
۷	۲-۱- مشخصات فنی آسیاب شماره ۶ سیمان اصفهان .....
۹	۳-۱- تاریخچه .....
<b>فصل دوم: تنش های حرارتی</b>	
۱۱	۱-۲- مقدمه .....
۱۲	۲-۲- مسائل دو محوری در الاستیسته .....
۱۲	۲-۲-۱- حالت کرنش صفحه ای .....
۱۴	۲-۲-۲- حالت تنش صفحه ای .....
۱۵	۳-۲- روابط پایه برای حل مسائل متقارن محوری .....
۱۶	۴-۲- تنش های حرارتی در دیسک های نازک .....
۱۷	۴-۲-۱- دیسک تو خالی .....
۱۸	۴-۲-۲- دیسک تو پر .....
۱۸	۵-۲- تنش حرارتی در استوانه های بلند .....
۱۹	۵-۲-۱- استوانه تو پر .....
۲۰	۵-۲-۲- استوانه تو خالی .....
۲۰	۶-۲- توزیع تنش در یک استوانه تو خالی تحت درجه حرارت های ثابت در سطوح داخلی و خارجی .....
<b>فصل سوم: تحلیل پوسته آسیاب</b>	
۲۲	۱-۳- بارهای وارده بر پوسته آسیاب .....
۲۳	۱-۳-۱- وزن پوسته آسیاب .....
۲۳	۱-۳-۲- وزن زره های استفاده شده در آسیاب .....
۲۴	۱-۳-۳- وزن گلوله های فولادی .....

۲۵	..... ۳-۱-۴- وزن مواد
۲۵	..... ۳-۱-۵- وزن دیافراگم
۲۹	..... ۳-۲- مروری بر مطالعات محققین
	..... ۳-۳- محاسبه عکس العمل تکیه گاه ها و نیروهای داخلی در محل اتصال آسیاب و فلانچ به روش تیر
۳۰	..... پیوسته

#### فصل چهارم: تحلیل فلانچ با استفاده از نرم افزار NISA

۳۲	..... ۴-۱- مقدمه
۳۳	..... ۴-۲- معرفی هندسه و شرایط فلانچ
۳۳	..... ۴-۲-۱- مشخصات و هندسه فلانچ
۳۴	..... ۴-۲-۲- شرایط تکیه گاهی فلانچ
۳۵	..... ۴-۲-۳- بارگذاری و شرایط مرزی
۳۶	..... ۴-۳- روش اجزاء محدود
۳۸	..... ۴-۴- معرفی برنامه NISA
۳۸	..... ۴-۵- قابلیت‌های نیسا در حل مسائل استاتیک
۳۸	..... ۴-۵-۱- استاتیک خطی
۳۹	..... ۴-۵-۲- استاتیک غیر خطی
۴۰	..... ۴-۵-۳- خروجی های برنامه
۴۱	..... ۴-۵-۴- مدل های ماده در مسائل استاتیک
۴۲	..... ۴-۵-۵- قیود سینماتیکی
۴۲	..... ۴-۵-۶- بارگذاری های قابل اعمال در مسأله
۴۴	..... ۴-۶- ایجاد هندسه و المان بندی
۴۵	..... ۴-۷- ساختار کلی یک برنامه استاتیک خطی
۴۵	..... ۴-۸- دستورات مهمی که در تحلیل استاتیک خطی مورد استفاده قرار می گیرد

#### فصل پنجم: نتایج

۴۹	..... ۵-۱- بررسی نتایج از نظر تنش های داخلی
۷۲	..... پیوست الف
۷۳	..... پیوست ب
۷۴	..... منابع
۷۵	..... چکیده انگلیسی



## فهرست اشکال

<u>صفحه</u>	<u>عنوان</u>
۴	شکل ۱-۱- ساختمان کلی آسیاب گلوله ای
۴	شکل ۱-۲- آسیاب مدار باز
۵	شکل ۱-۳- آسیاب مدار بسته
۵	شکل ۱-۴- تصویر ایزومتریک فلانچ آسیاب شماره ۶ سیمان اصفهان
۶	شکل ۱-۵- موقعیت فلانچ نسبت به پوسته، تکیه گاه و چرخنده اصلی آسیاب
۸	شکل ۱-۶- دیاگرام جریان مواد
۹	شکل ۱-۷- شکستگی دنده ها
۱۳	شکل ۲-۱- پوسته استوانه ای
۱۴	شکل ۲-۲- ورق نازک
۱۵	شکل ۲-۳- ورق نازک و بزرگ، با سوراخ کوچک و تحت فشار یکنواخت
۲۲	شکل ۱-۳- نمایش میزان پر بودن آسیاب
۲۳	شکل ۲-۳- وضعیت استقرار مواد در آسیاب بعد از توقف
۲۴	شکل ۳-۳- سه نمونه از زره های مورد استفاده در آسیاب
۲۶	شکل ۳-۴- توزیع بار ناشی از وزن پوسته آسیاب
۲۶	شکل ۳-۵- توزیع بار ناشی از وزن زره ها
۲۷	شکل ۳-۶- توزیع بار ناشی از وزن گلوله های فولادی
۲۷	شکل ۳-۷- توزیع بار ناشی از وزن مواد
۲۸	شکل ۳-۸- توزیع بار ناشی از وزن دیافراگم
۲۸	شکل ۳-۹- مجموع بارهای وارد بر بدنه آسیاب
۳۱	شکل ۳-۱۰- مجموع بارهای وارد بر تیر پیوسته
۳۳	شکل ۴-۱- هندسه ساده شده مورد بررسی
۳۴	شکل ۴-۲- موقعیت فلانچ نسبت به پوسته ، تکیه گاه و چرخنده اصلی آسیاب
۳۶	شکل ۴-۳- سطوح مختلف جسم
۳۷	شکل ۴-۴- مثالهایی از اجزای مثناهی با درجات آزادی در یک گره نمونه
۴۴	شکل ۴-۵- نمایش نقاط ، خطوط و نواحی جسم
۵۴	شکل ۵-۱- توزیع تنش ون میس در یک استوانه
۵۶	شکل ۵-۲- توزیع تنش ون میس در یک دیسک
۵۹	شکل ۵-۳- توزیع تنش ون میس ناشی از بارهای استاتیکی
۵۹	شکل ۵-۴- توزیع تنش ون میس ناشی از بارهای استاتیکی

- شکل ۵-۵- توزیع تنش ون میس ناشی از بارهای حرارتی ، ۲ ثانیه بعد از توقف ... ۶۰
- شکل ۵-۶- توزیع تنش ون میس ناشی از بارهای استاتیکی وحرارتی ، ۲ ثانیه بعد از توقف... ۶۰
- شکل ۵-۷- توزیع تنش ون میس ناشی از بارهای حرارتی ، ۲۶ ثانیه بعد از توقف ... ۶۱
- شکل ۵-۸- توزیع تنش ون میس ناشی از بارهای استاتیکی وحرارتی ، ۲۶ ثانیه بعد از توقف... ۶۱
- شکل ۵-۹- توزیع تنش ون میس ناشی از بارهای حرارتی ، ۲۴۲ ثانیه بعد از توقف ... ۶۲
- شکل ۵-۱۰- توزیع تنش ون میس ناشی از بارهای استاتیکی وحرارتی ، ۲۴۲ ثانیه بعد از توقف... ۶۲
- شکل ۵-۱۱- توزیع تنش ون میس ناشی از بارهای حرارتی ، ۷۲۸ ثانیه بعد از توقف ... ۶۳
- شکل ۵-۱۲- توزیع تنش ون میس ناشی از بارهای استاتیکی وحرارتی ، ۷۲۸ ثانیه بعد از توقف... ۶۳
- شکل ۵-۱۳- توزیع تنش ون میس ناشی از بارهای حرارتی ، ۳۱۵۸ ثانیه بعد از توقف ... ۶۴
- شکل ۵-۱۴- توزیع تنش ون میس ناشی از بارهای استاتیکی وحرارتی ، ۳۱۵۸ ثانیه بعد از توقف... ۶۴
- شکل ۵-۱۵- توزیع تنش ون میس ناشی از بارهای حرارتی ، ۷۰۴۶ ثانیه بعد از توقف ... ۶۵
- شکل ۵-۱۶- توزیع تنش ون میس ناشی از بارهای استاتیکی وحرارتی ، ۷۰۴۶ ثانیه بعد از توقف... ۶۵
- شکل ۵-۱۷- توزیع تنش ون میس ناشی از بارهای حرارتی ، ۱۲۸۷۸ ثانیه بعد از توقف ... ۶۶
- شکل ۵-۱۸- توزیع تنش ون میس ناشی از بارهای استاتیکی وحرارتی ، ۱۲۸۷۸ ثانیه بعد از توقف... ۶۶
- شکل ۵-۱۹- توزیع تنش ون میس ناشی از بارهای حرارتی ، ۱۹۸۴۰ ثانیه بعد از توقف ... ۶۷
- شکل ۵-۲۰- توزیع تنش ون میس ناشی از بارهای استاتیکی وحرارتی ، ۱۹۸۴۰ ثانیه بعد از توقف... ۶۷
- شکل ۵-۲۱- توزیع تنش ون میس ناشی از بارهای حرارتی ، ۲ ثانیه بعد از توقف ... ۶۸
- شکل ۵-۲۲- توزیع تنش ون میس ناشی از بارهای استاتیکی وحرارتی ، ۲ ثانیه بعد از توقف... ۶۸
- شکل ۵-۲۳- توزیع تنش ون میس ناشی از بارهای حرارتی ، ۲۴۲ ثانیه بعد از توقف ... ۶۹
- شکل ۵-۲۴- توزیع تنش ون میس ناشی از بارهای استاتیکی وحرارتی ، ۲۴۲ ثانیه بعد از توقف... ۶۹
- شکل ۵-۲۵- توزیع تنش ون میس ناشی از بارهای حرارتی ، ۷۲۸ ثانیه بعد از توقف ... ۷۰
- شکل ۵-۲۶- توزیع تنش ون میس ناشی از بارهای استاتیکی وحرارتی ، ۷۲۸ ثانیه بعد از توقف... ۷۰
- شکل ۵-۲۷- توزیع تنش ون میس ناشی از بارهای حرارتی ، ۲۹۹۶ ثانیه بعد از توقف ... ۷۱
- شکل ۵-۲۸- توزیع تنش ون میس ناشی از بارهای استاتیکی وحرارتی ، ۲۹۹۶ ثانیه بعد از توقف... ۷۱

## فهرست جداول

<u>صفحه</u>	<u>عنوان</u>
۷	جدول ۱-۱- اطلاعات و مشخصات فنی دستگاه
۲۴	جدول ۱-۳- مشخصات گلوله های فولادی
۲۵	جدول ۲-۳- میزان بارهای وارد بر بدنه آسیاب
۳۰	جدول ۳-۳- مقایسه مقادیر انحراف تیر از روش تحلیل پوسته و روش تیر پیوسته
۵۰	جدول ۱-۵- بیشترین تنش ون میس ایجاد شده در قطعه در اثر بارگذاری های مختلف، دمای محیط $45^{\circ}C$
۵۲	جدول ۲-۵- بیشترین تنش ون میس ایجاد شده در قطعه در اثر بارگذاری های مختلف، دمای محیط $5^{\circ}C$

## چکیده

فلانچ آسیابهای گلوله ای از جمله سنگین ترین قطعات ریخته گری شده از فولاد در صنعت سیمان است. چون تعویض این قطعه بسیار دشوار، طولانی و پر هزینه است باید کلیه عوامل ایجاد تنش از جمله توزیع دمای غیر متعارف در نظر گرفته شود و ضریب اطمینان بالایی در طراحی قطعه منظور گردد. یکی از موارد ایجاد تنشهای غیر متعارف توقف دادن آسیاب در حال کار و نچرخاندن آن با موتور کمکی است. گرچه سازندگان توصیه های موکدی در این خصوص می نمایند ولی در عمل احتمال وقوع وجود دارد و لازم است در طراحی قطعه در نظر گرفته شود. لذا در این پایان نامه فلانچ طرف خروجی آسیاب شماره ۶ سیمان اصفهان، در هنگام توقف مورد تحلیل قرار گرفته است.

هر چند در تحلیل مسائل استاتیکی می توان به روشهای مختلف روابطی تحلیلی استخراج نمود، اما پیچیده شدن شرایط هندسی، مرزی، تکیه گاهی و تعدد پارامترهای دخیل در مسائل دست یابی به روش تحلیلی جامع را غیر ممکن می سازد. از طرف دیگر، وجود نرم افزارهای مهندسی، ارزان بودن نسبی وقت کامپیوتر و توانایی این نرم افزارها در تحلیل مسائل با شرایط پیچیده، روش دیگری را در اختیار محقق قرار میدهد. در این میان آنچه بر عهده محقق می باشد، وقوف کافی از مبانی تنوریک نرم افزار نیرسا و مساله و اعمال مناسب آن در نرم افزار است.

## فصل اول

### مقدمه

#### ۱-۱- معرفی آسیابهای گلوله ای:

آسیاب نمودن گونه ای از شکستن کانی ها در اجزای کوچک است و محصول آن مواد نرم و پودری است. میزان بازدهی و توان خرد کردن آسیاب ها معمولاً بر حسب قطر دانه خروجی آنها نسبت به قطر دانه ورودی به آن بیان می شود. عمل آسیاب، خرد کردن و شکستن در اثر کاربرد نیروهای برشی و نتیجه عمل سایش است.

اساساً روش های مورد استفاده در آسیاب ها، استفاده از یک سطح محکم و سخت و سنگین است، که بر روی سطح دیگر می لغزد و یا می چرخد و مواد برای آسیاب شدن بین این دو سطح قرار می گیرند و یا بر اثر اعمال ضربه بر مواد می باشد. از ابتدایی ترین آسیاب هایی که استفاده می شد، آسیاب چیلن<sup>۱</sup> و هونتینگتون<sup>۲</sup> می باشد که در حدود سالهای ۱۹۱۰ مورد استفاده قرار می گرفتند. رفته رفته با پیشرفت صنعت، آسیاب های گلوله ای، لوله ای و میله ای جایگزین این نوع آسیاب های قدیمی شدند که در این فصل به بررسی آسیاب های گلوله ای می پردازیم.

---

1- Chilean mill

2- Huntington mill

در صنعت سیمان برای پودر کردن مواد خام و آماده کردن آن برای پخت و نیز برای پودر کردن محصول پخته شده و تبدیل آن به سیمان می توان از آسیاب گلوله ای استفاده کرد. این نوع آسیاب متشکل از یک بشکه استوانه ای شکل حاوی گلوله های فولادی است که سطح داخلی آن توسط زره های شکل دار پوشیده شده است. استوانه دارای حرکت دورانی معینی است و زره ها<sup>۱</sup> نقش حفاظت از بدنه و جهت دادن به حرکت مواد و گلوله های فولادی در داخل آسیاب را دارند. داخل آسیاب به چند قسمت تقسیم شده که هر قسمت توسط صفحات مشبک به نام دیافراگم از یکدیگر جدا گشته اند. هر قسمت از داخل آسیاب به نام خانه موسوم است. آسیاب های گلوله ای از نظر تعداد خانه هایی که دارا هستند انواع مختلفی دارند.

در ابتدای کار صنعت سیمان کلینکر<sup>۲</sup> تولیدی در کوره های عمودی یا گردان در آسیاب های یک خانه ای سائیده می شد. در این نوع آسیاب ها کاهش اندازه کلینکر (سایش) عمدتاً در ۲۰-۳۰ درصد ابتدای طول آسیاب انجام می شد. در مرحله بعد عمل سایش در یک سیستم دو مرحله ای شامل دو آسیاب که یکی برای سایش ابتدایی و دیگری برای سایش نهایی بود انجام می گرفت. در این مرحله ابعاد آسیاب از روی نسبت طول به قطر انتخاب می شد. یعنی سایش ابتدایی در آسیاب های کوتاه با قطر زیاد و سایش نهایی (سایش نرم) در آسیاب های بلند با قطر کم انجام می شد. برای اجتناب از دو سیستم انتقال نیرو به آسیاب که برای آسیاب های دو مرحله ای لازم بود، آسیاب های چند خانه ای<sup>۳</sup> معمول گردید. در این نوع آسیاب ها سایش زبر و نرم در خانه های مربوطه انجام می گیرد و برای دستیابی به محصول با نرمی لازم تعداد خانه ها به ۳ و یا ۴ رسانده شد.

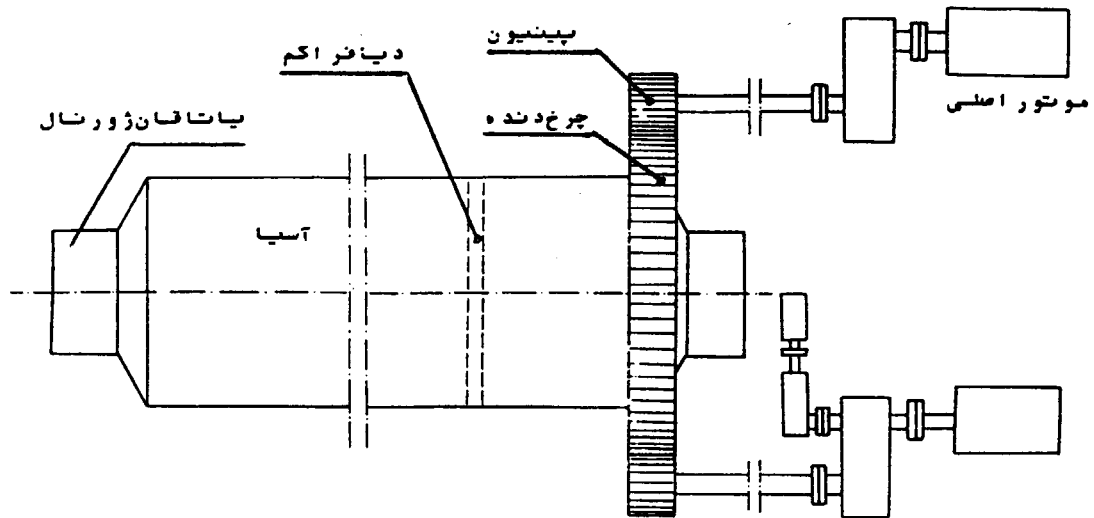
در خانه های آسیاب، گلوله های فولادی به قطرهای ۲۰ تا ۱۰۰ میلی متر به نسبت معین و وزن معین ریخته می شود. از یک طرف آسیاب، موادی که قرار است پودر شوند، وارد می شوند. در اثر حرکت دورانی و وجود گلوله ها، ترکیبی از فشار، سایش، ضربه و برخورد باعث می شود که مواد ورودی ضمن طی مسیر آسیاب پودر شوند. دانه بندی مواد در ورودی ۳۰-۰ mm و دانه بندی خروجی بسیار نرم است به طوری که بیش از ۸۸٪ مواد از الک ۰/۰۹ میلی متر عبور می کند. ساختمان کلی یک آسیاب دو خانه ای در شکل (۱-۱) نشان داده شده است.

#### 1-Lining Plate

۲- (Clinker) کلینکر محصول پخته شده کوره سیمان بوده که بصورت کلوخه از کوره خارج میگردد. کلینکر پس از

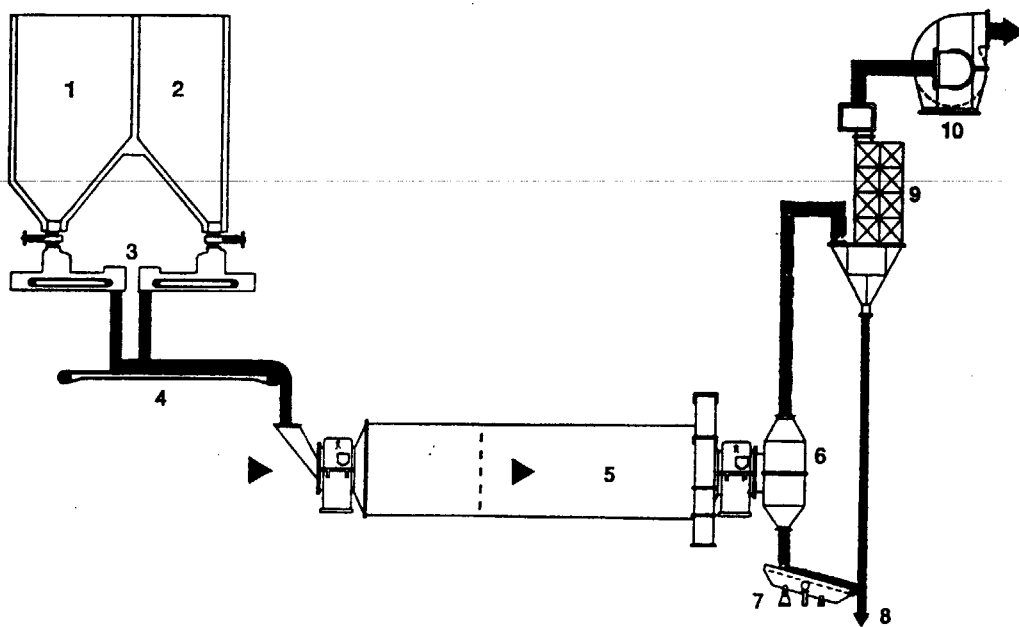
آسیاب شدن با درصد کمی مواد افزودنی نظیر گچ و سرباره به سیمان قابل مصرف تبدیل میگردد.

#### 3-Compound mills



شکل ۱-۱- ساختمان کلی آسیاب گلوله ای [۱]

آسیاب های گلوله ای که در صنعت سیمان کاربرد دارند از نوع جارو شونده با هوا<sup>۱</sup> هستند، به این معنی که مواد پودر شده در جریان هوا شناور شده و به این وسیله از آسیاب خارج می شوند. از حیث چگونگی جریان هوا نیز آسیاب ها ممکن است مدار باز یا مدار بسته باشند. شکل های (۱-۲) و (۱-۳) هر دو حالت را نشان می دهد.



شکل ۱-۲- آسیاب مدار باز، ۱-۲- قیف مواد، ۳- نوارهای توزین، ۴- نوار خوراک دهنده آسیاب، ۵- آسیاب، ۶- اتاقچه خروجی، ۷- سرنند، ۸- محصول، ۹- دستگاه غبار گیر، ۱۰- فن آسیاب [۲]