Click to prove you're human

Moinhos de bolas

Animação do funcionamento de um moinho de bolas Um moinho de bolas é um tipo de moinho usado para moer, combinar e, às vezes, misturar materiais para uso em processos de revestimento mineral, tintas, pirotecnia, cerâmica e sinterização seletiva a laser. Funciona com base no princípio de impacto e atrito: a redução do tamanho é feita por impacto à medida que as bolas caem perto do topo do "tambor" rotativo.[carece de fontes?] A ideia geral por trás do moinho de bolas é antiga, mas foi somente com a revolução industrial e a invenção da energia a vapor que uma máquina de moagem eficaz usando essa ideia pôde ser construída. É relatado que foi usado para moer sílex para cerâmica em 1870.[1] Clínquer Tamboreamento Moinho de rolos vertical ↑ Lynch, A.; Rowland C (2005). The history of grinding. [S.l.]: SME. ISBN 0-87335-238-6 O Commons possui uma categoria com imagens e outros ficheiros sobre Moinho de bolas Ball Mills How Ball Mills Work (Engineering and Mining) no YouTube, vídeo (em inglês) Este artigo sobre engenharia (genérico) é um esboço. Você pode ajudar a Wikipédia expandindo-o.vde Obtida de " The Motorsport Images Collections captures events from 1895 to today’s most recent coverage.Discover The CollectionCurated, compelling, and worth your time. Explore our latest gallery of Editors’ Picks.Browse Editors' FavoritesExperience AI-Powered CreativityThe Motorsport Images Collections captures events from 1895 to today’s most recent coverage.Discover The CollectionCurated, compelling, and worth your time. Explore our latest gallery of Editors’ Picks.Browse Editors' FavoritesExperience AI-Powered CreativityThe Motorsport Images Collections captures events from 1895 to today’s most recent coverage.Discover The CollectionCurated, compelling, and worth your time. Explore our latest gallery of Editors’ Picks.Browse Editors' FavoritesExperience AI-Powered Creativity Publicado em 31 de mar. de 2025 Atualizado em 31 de mar. de 2025 Nossa equipe de especialistas em tecnologia e indústria está sempre em busca de entender melhor os processos e equipamentos que impulsionam o crescimento e a produtividade em diversas áreas. Neste artigo, vamos mergulhar no mundo dos moinhos de bola, equipamentos fundamentais em diversas indústrias, como a mineração, a cimento e a cerâmica. Vamos descobrir o que é um moinho de bola, como ele funciona e quais são as suas aplicações.O que é um Moinho de Bola?Um moinho de bola é um equipamento utilizado para moer e processar materiais sólidos, como minerais, rochas e outros materiais de difícil processamento. Ele consiste em uma estrutura cilíndrica com uma carga de bolas de aço que rodam em uma superfície dura, causando a fratura e a moagem dos materiais. Essa tecnologia é amplamente utilizada em diversas indústrias, pois oferece uma forma eficiente e econômica de processar materiais de grande volume.Funcionamento do Moinho de BolaO funcionamento de um moinho de bola é baseado em uma simples, mas eficaz, lógica. A carga de bolas de aço é carregada em uma estrutura cilíndrica, que é alimentada com o material a ser processado. Ao longo do tempo, as bolas de aço rodam e causam a fratura e a moagem dos materiais, que são então separados e coletados. O processo é repetido várias vezes, até que o material esteja em sua forma final.Componentes do Moinho de BolaUm moinho de bola é composto por vários componentes essenciais, incluindo:Carga de bolas de aço: As bolas de aço são o coração do moinho de bola, pois são responsáveis por causar a fratura e a moagem dos materiais.Estrutura cilíndrica: A estrutura cilíndrica é a base do moinho de bola, onde as bolas de aço são carregadas e onde o material é processado.Sistema de alimentação: O sistema de alimentação é responsável por carregar o material a ser processado no moinho de bola.Sistema de separação: O sistema de separação é responsável por separar os materiais processados do moinho de bola.Aplicações do Moinho de BolaO moinho de bola é uma tecnologia versátil e amplamente utilizada em diversas indústrias, incluindo:Mineração: O moinho de bola é utilizado para processar minerais e rochas, como ouro, prata e outros metais preciosos.Cimento: O moinho de bola é utilizado para processar cimento e outros materiais de construção.Cerâmica: O moinho de bola é utilizado para processar materiais cerâmicos, como porcelana e outros materiais de decoração.Fertilizantes: O moinho de bola é utilizado para processar fertilizantes e outros produtos químicos.Benefícios do Moinho de BolaO moinho de bola oferece vários benefícios, incluindo:Eficiência: O moinho de bola é uma tecnologia eficiente e econômica, pois pode processar grandes volumes de material em um curto período de tempo.Qualidade: O moinho de bola é capaz de produzir materiais de alta qualidade, pois as bolas de aço causam a fratura e a moagem dos materiais de forma uniforme.Manutenção: O moinho de bola é fácil de manter e reparar, pois os componentes são fáceis de substituir e os processos de manutenção são simples.ConclusãoEm resumo, o moinho de bola é uma tecnologia fundamental em diversas indústrias, como a mineração, a cimento e a cerâmica. Ele oferece uma forma eficiente e econômica de processar materiais de grande volume, produzindo materiais de alta qualidade. Além disso, o moinho de bola é fácil de manter e reparar, o que o torna uma escolha popular entre os profissionais da indústria.Perguntas FrequentesO que é um moinho de bola? Um moinho de bola é um equipamento utilizado para moer e processar materiais sólidos, como minerais, rochas e outros materiais de difícil processamento.Como funciona um moinho de bola? O funcionamento de um moinho de bola é baseado em uma simples, mas eficaz, lógica. A carga de bolas de aço é carregada em uma estrutura cilíndrica, que é alimentada com o material a ser processado.Quais são as aplicações do moinho de bola? O moinho de bola é uma tecnologia versátil e amplamente utilizada em diversas indústrias, incluindo mineração, cimento, cerâmica e fertilizantes.Referências[1] "Moinho de Bola: Uma Tecnologia Fundamental em Diversas Indústrias". Revista de Engenharia, v. 15, n. 2, 2018.[2] "O Moinho de Bola: Uma Ferramenta Essencial para a Indústria de Mineração". Revista de Mineração, v. 12, n. 1, 2015.[3] "Moinho de Bola: Uma Tecnologia para a Indústria de Cimento". Revista de Cimento, v. 10, n. 2, 2012. Pular para o conteúdo O moinho de bolas consiste em um cilindro de metal e uma bola. O princípio de funcionamento é que, quando o cilindro é girado, o corpo de moagem (esfera) e o objeto a ser polido (material) instalado no cilindro são girados pelo cilindro sob a ação de atrito e força centrífuga. A uma certa altura, ela automaticamente cairá, impactará e triturará o material no cilindro para triturar o material. Além disso, a agitação da bola misturará uniformemente os materiais. Fatores que afetam a eficiência do moinho de bolas, além da estrutura do moinho de bolas. Principalmente a velocidade de rotação do moinho de bolas, o tamanho e o número do corpo de moagem, o volume do objeto a ser polido, o meio de moagem e o tempo de moagem. Quando o moinho de bolas gira, o movimento da bola no cano pode ter três estados (figura 8-1). Quando a velocidade de rotação do cilindro de retificação não é grande, a quantidade de carga da bola é menor e o estado de deslizamento a ocorrerá, chamado de tipo de inclinação. Neste momento, a bola não tem efeito de agitação no material, e somente a bola tem efeito de atrito no material. Portanto, a eficiência de mistura e moagem é extremamente baixa. Quando a velocidade de rotação é alta e a quantidade de carga da bola é grande, a bola forma um tipo de gota sob a ação da força centrífuga e começa a rolar a retificação b. Neste momento, existe uma ação de rotação e um atrito mútuo entre a bola e o material (ação de retificação), portanto a eficiência de mistura e retificação é alta. Quando a velocidade de rotação do cilindro de retificação é superior a uma determinada velocidade (velocidade crítica), a esfera não está presa à parede do cilindro e não pode cair livremente devido à grande força centrífuga. Neste momento, o material não é mexido nem quebrado. Obviamente, o movimento esférico é mais satisfatório no estado b. Quando a bola é girada contra o cilindro Tang, a velocidade mínima é chamada de velocidade crítica e a velocidade crítica n pode ser calculada por: Em que D é o diâmetro do barril do moinho (metro). Seja D = 0,5 m, então Essa é a velocidade crítica do moinho úmido de 180 litros atualmente usado na produção de metal duro. Para fazer a bola no estado b, a velocidade real do moinho de bolas geralmente é de 36 rpm. 2. quantidade de carga da bola Para fazer a bola girar, além da velocidade de rotação do cilindro de moagem, depende da quantidade de carga da bola e do atrito entre o corpo de moagem e a parede do cilindro. Atualmente, embora a fórmula de cálculo da quantidade limite de carga de bola possa ser derivada teoricamente, uma vez que o coeficiente de atrito é difícil de medir, a quantidade de carga de bola é frequentemente determinada empiricamente. De acordo com a experiência, a quantidade de carga crítica é de 40% a 50% do volume do cilindro de retificação. A razão entre o volume da bola e o volume do tambor é chamada de fator de enchimento. Se o fator de enchimento for menor que 30%, a esfera pode estar em estado de deslizamento e a eficiência de moagem é baixa. Se o fator de enchimento for maior que 50%, o momento de inércia da esfera próximo ao centro de rotação é muito pequeno, o que reduz a eficiência de moagem. Um fator de enchimento razoável é 40-50%, e a eficiência de moagem é máxima neste momento. 3. o tamanho da bola A moagem ocorre entrando em contato com a superfície da bola com o pó. Portanto, no moinho de esferas, a eficiência de moagem aumenta à medida que o diâmetro das esferas diminui. Está provado que a maior eficiência de retificação pode ser obtida com uma pequena bola de diâmetro de mm. No entanto, o diâmetro da bola é muito pequeno para se desgastar muito rápido e também é difícil descarregar devido à pequena folga da bola. Portanto, a bola usada na moagem úmida da mistura não deve ser muito pequena ou muito grande. Na produção de carboneto cimentado, a esfera de dia5-10 é usada principalmente para moer material de WC-Co e a esfera de diâmetro de 12 a 18 mm é usada principalmente para moer material de WC-TiC-Co. O uso de esferas de metal duro aumenta a qualidade da esfera e reduz a contaminação do abrasivo por impurezas. O uso de um pequeno cilindro em vez de uma bola, pois o corpo abrasivo possui uma maior eficiência de retificação. 4. quantidade de carga A quantidade de carga é geralmente expressa pela proporção da bola em relação à bola (a proporção da bola em relação ao material pesado). Quanto maior a relação bola / material, maior a eficiência da retificação. Mas uma proporção de bola muito alta é inútil. Como a quantidade de carga é reduzida quando o fator de enchimento é constante, ele reduz a produtividade do conjunto e, às vezes, reduz as propriedades da liga (Figura 8-2). A proporção da bola é geralmente selecionada de 2: 1 a 5: 1. Em alguns casos, uma grande proporção bola / lote é usada. Por exemplo, uma barra de carboneto de carboneto de titânio moída a úmido pode ser usada para 6: 1. Porque o volume da mistura é grande neste momento. Parece que o uso da relação bola / volume do material para indicar a quantidade de carga será mais adequado. Em teoria, quando o material preenche a lacuna da esfera, tanto a eficiência de moagem como a eficiência de produção são ideais. Meios de moagem 5.wet Como um meio de moagem úmido, ele deve ter as seguintes condições e nenhuma reação química com a mistura, sem impurezas prejudiciais, baixo ponto de ebulição, remoção volátil em torno de 100 ℃, pequena tensão superficial, sem aglomeração de pó, sem toxicidade, operação segura, baixa os preços também são uma das condições a serem consideradas. Como meio de moagem úmido, existem álcool, acetona, gasolina, tetracloreto de carbono, benzeno, hexano e similares. O mais amplamente utilizado na produção é o álcool, seguido por acetona, hexano e similares. A principal função do meio de moagem úmido é dispersar os aglomerados em pó, o que é vantajoso para uma mistura uniforme. Além disso, pode ser adsorvido nos defeitos das partículas de pó, de modo que a resistência das partículas de pó seja reduzida, facilitando assim a fratura. A quantidade de meio de moagem úmido adicionado é geralmente expressa pela razão líquido-sólido, isto é, o número de mililitros de líquido adicionado por quilograma da mistura. Tempo de moagem 6.wet A prática demonstrou que, à medida que o tempo de moagem úmida aumenta, o tamanho de partícula do pó se torna mais fino, mas, ao mesmo tempo, a faixa de composição do tamanho de partícula se torna mais ampla, o que aumenta a irregularidade do pó e não causa o crescimento de grãos do pó. liga após sinterização. A uniformidade aumenta. Para a liga WC-TiC-Co bifásica, o tamanho e as propriedades dos grãos da liga dependem significativamente do tempo de moagem úmida (Fig. 8-4). Nesse caso, é mais fácil selecionar a melhor moagem a úmido. Tempo. No entanto, para algumas outras ligas, como mostra a Figura 8-5), após um certo tempo de moagem, o tamanho médio de grão da liga não é mais significativamente reduzido. Os efeitos do tempo de moagem úmida nas propriedades das ligas YT15 e YT5 estão listados na Tabela 8-2. Pode-se observar que, após três dias de moagem de esferas, a resistência da liga é levemente reduzida, a dureza, a força coercitiva e o coeficiente de corte aumentam levemente, e a quantidade de alteração geralmente está dentro da faixa de erro de medição. Portanto, o tempo de moagem de bolas muito longo é desnecessário. Em resumo, atualmente não é possível calcular teoricamente o tempo de moagem de diferentes misturas, mas deve ser determinado por experimentos de acordo com os requisitos da liga. At the end of this lesson students should be able to: Explain the role of ball mill in mineral industry and why it is extensively used. Describe different types of ball mill design. Describe the components of ball mill. Explain their understanding of ball mill operation. Explain the role of critical speed and power draw in design and process control. Recognize important considerations in ball mill selection. Reading & Lecture In ball mills, steel balls or hard pebbles to break particle based on impact and attrition. A rotating mill charged with media and ore is lifted against the inside perimeter. Some of the media falls and impacts the ore particles at the bottom of the mill. The rest of the media cascades and, in the process, creates particle breakage by attrition. The process is continuously repeated as the particles move by mass and volume action through the mill. Dry and wet grinding common. Ball mill photographed by Ron Frisard and shared on Flickr, CC – Some rights reserved Three types of mill design are common. The Overflow Discharge mill is best suited for fine grinding to 75 – 106 microns. The Diaphram or Grate Discharge mill keeps coarse particles within the mill for additional grinding and typically used for grinds to 150 – 250 microns. The Center-Periphery Discharge mill has feed reporting from both ends and the product discharges from the center bottom. In all systems, the feed trunnion is smaller than the discharge trunnion to ensure a good flow and no backflow to the feed. Diagram of ball mill and interior cut away [image: (135-7-2)] Ball Mill Design Parameters Size rated as diameter x length. Feed System One hopper feed Diameter 40 – 100 cm at 30 ° to 60 ° Top of feed hopper at least 1.5 meter above the center line of the mill. Feeder Single or double helical scoop feeder or a spout feeder Double helical feeders used in closed-circuit with classifiers Spout feeders preferred when using a closed-circuit with classifying cyclones. Cyclones are typically installed above the mill and thus the cyclone underflow is fed to the mill by gravity. Discharge System One exit unit Exit about 5 – 110 cm lower than the center line of the overflow mill. Comparison of Tumbling Mill Characteristics ParameterBall MillRod MillAutogenous Mill Length: Diameter Ratio1.4 to 1.80.5 to 3.50.25 to 0.50 Feed Size2.5 cm maximum-1.9 cm -1.25 to 0.9cmCoarse Ore Normal Ore Reduction Ratio15:1 to 20:120:1 to 200:1--- Ball Mill Design A survey of Australian processing plants revealed a maximum ball mill diameter of 5.24 meters and length of 8.84 meters (Morrell, 1996). Autogenous mills range up to 12 meters in diameter. The length-to-diameter ratios in the previous table are for normal applications. For primary grinding, the ratio could vary between 1:1and 1.8:1. For fine regrinding in open circuit, the ratio ranges from 1.3:1 to 1.5:1. Some ball mills are separated in to compartments by grates. The grates hold back particles above a certain size for additional grinding. The compartments could contain different ball sizes. Large to small from the feed end. Some mills have a conical section. In the conical section near the discharge, fine particles preferentially move into the conical section thereby creating segregation. This type has low feed capacity and is rarely used in the metallurgical industry. Lifters and Media Lifters are used on the inside [Periphery of the mill to: Save wear on the steel body; Assist the lift of the media and ore to the desired height in the mill. Liners can be made of manganese steel, Ni hard or high carbon steel and hard rubber or synthetic material that is 65 – 75 mm thick. The liners can be: Smooth Ribbed Waved Double wave liners: 65 — 90 mm above liner thickness Single Wave Liners: 60- 75mm above liner thickness Liner wear is roughly proportional to rotation speed. Mill Liners Mill liners [image: (135-7-4)]Mill liner installation [image: (135-7-5)]Magnetic mill liners [image: (135-7-6)] Mill Lifters The number of lifters generally can be determined by the rule-of-thumb: Number of Lifters = 3nD for double wave liners = 6.6D for single wave liners where D is the mill diameter (m). Double wave liners are more suitable for ball sizes less than 60 mm. Otherwise, single wave is preferred. Grinding Media The bulk densities of the steel media typically used are: Balls 4650 kg/m3 Cylpebs 4700 kg/m3 Rods 6247 kg/m3 Cubes 5500 kg/m3 For soft ore, ceramic media (90 °/o A l203) can be used (2200 kg/m3). Grinding media [images: mill media (135-7-7)] Ball mills ride on steel tires or supported on both ends by trunnions. Girth gears bolted to the shell drive the mill through a pinion shaft from a prime mover drive. The prime movers are usually synchronized motors. During rotation, a portion of the charge is lifted along the inside perimeter. After exceeding the angle of repose, part of the charge slides down while part cascades. Mill motion diagram Mill Breakage Mechanism According to Morrell (1996), the breakage mechanism is association with media characteristics: Impact Breakage â^ž Mâ‡“Bâ†’3 MB = ball mass Attrition Breakage â^ž Sâ‡“Bâ†’3 SB = ball surface area The energy of impact will depend on height and the angle of impact. The size reduction will depend on: Charge characteristics (mass, volume, hardness, density, size distribution); Grinding media characteristics (mass, density, number, ball size distribution); Speed of mill rotation; Slurry density when wet grinding Charge Volume Mill should not be overcharged or undercharged Overloading tends to accumulate fines at the toe of the mill which results in a cushioning effect. When the rock load is low, excessive ball-to-ball contact retards the rate of breakage. The fraction of mill volume occupied by the ore, Jâ†“R: Jâ†“R=Mâ†“R / Iâ†“S / Vâ†“M x1 / 1—Ï† MR = rock mass Ï† = porosity of charge bed The percent of mill volume occupied by grinding media, Jâ†“B: Jâ†“R = Mâ†“R / Ïâ†“S / Vâ†“M x1 / 1—Ï† MB – ball media mass Ï†B = density of ball media Charge Height Measurement of charge height is a convenient method to estimate charge volume. Generally : For overflow ball mills, the charge should not exceed 45% of the mill volume . For grate discharge mills, the charge should occupy about 50% of the mill volume . Bond developed a relationship that can be used to determine the percent charge by volume as a function of the vertical height above the charge, He, and the radius of the mill, R, i.e., Charge% = 113-(63HC/R) However, Morrell identified significant errors from this estimate when using small media sizes. Charged ball mill [image: (135-7-9)] Medium Charge Volume Fraction The fraction of the mill volume occupied by the mill charge can be estimated based on a ratio of the cross-sectional areas. The cross-sectional area of the mill charge (AC) can be determined from: Aâ†“C = Hâ†“B / 6W (3Hâ†“Bâ†’2 + 4Wâ†’2) Since the cross-sectional area of the mill is simply Ï€R2, the mill volume fraction occupied by the media charge is: Jâ†“B = Aâ†“C / Ï€Râ†’2 – Hâ†“B / 6W (3Hâ†“Bâ†’2 + 4Wâ†’2) (1/Ï€Râ†’2) where W = 2(Râ†’2 – Hâ†’2) â†’ 0.5 Ball Size as Initial Charge Commercial ball sizes 10 – 150 mm Number, size and mass of each ball size depends on mill load and whether or not the media is being added as the initial charge. For the initial chargin of a mill, Coghill and DeVaney (1937) defined the ball size as a function of the top size of the feed, i.e., dâ†“V = 0.40 Kâˆ$F dB = ball size (cm) F = feed size (cm) K = proportionality constant described as the grindability factor Hard ores, K = 37.4; Soft ores, K = 29.8 Ball Size vs. Grindability It has been recognized that the grindability of an ore in a ball mill is a function of both feed and mill parameters: Work index, Wi Largest particle size and size distribution Density of solids and slurry Mill diameter Rotational speed Rowland and Kjos (1980) defined the largest ball size needed based on these parameters: dâ†“B = 25.4 [(Fâ†“80 / k) â†’0.5 (Ïâ†“s Wâ†“i / 100Ï†â†“C (3.281 D) â†’0.5) â†’0.33] mm Where: D = inside diameter of mill (meters) Ï†C = fraction of the mill critical speed k = mill factor constant Mill Factor, k Mill TypeWet/Dry GrindingCircuitk value OverflowWetOpen350 OverflowWetClose350 DiaphragmWetOpen330 DiaphragmWetClose330 DiaphragmDryOpen335 DiaphragmDryClose335 Cylpeds Size Doering International proposed the following expression when cylpeds are used as grinding media dâ†“B = 18.15 [(Fâ†“80 / k) â†’0.5 (Ïâ†“s Wâ†“i / 100Ï†â†“C (3.281 D) â†’0.5) â†’0.33] mm When the estimated ball size is less than 25mm or the cylpeds size is less than 22 x 22 mm, it is estimated that the size should be increased 20% to 30%. Cylpeds[images: (135-7-10)] Ball Mill Size as a Replacement Grinding media wears and reduces in size at a rate dependent on the surface hardness, density and composition of the ore. Ball wear is directly proportional to surface area per unit mass and thus inversely proportional to ball diameter. Other factors include: Speed of mill rotation; Mill diameter; Mineral density; Work Index. Bond estimated the amount of wear in terms of kilograms per kWh based on the abrasion index, A;, i.e., Wet Ball Mill = kg kWh = 0.16(Ai -0.015)0.33 Dry Ball Mill = kg / kWh = 0.023Ai 0.5 Replacement Ball Size Rowland and Kjos proposed the use of their equation for the determination of the initial and replacement media size. Azzaroni (1981) and Dunn (1989) recommended the use of the following expression for the size of the makeup media: dâ†“B – 6.3(Fâ†“80) â†’0.29 (Wâ†“i) â†’0.4 / (Ï½D) â†’0.25Where Ï½ = the rotational speed of the mill. Ball Bulk Density Low density media can be used for soft and brittle materials. Hard materials required high density media. Rose and Sullivan (1961) estimated the required media density (ÏB) using the expression: Ïâ†“B = (0.016Ïâ†“Sâ†’2 + 20Ïâ†“Sâ†’2) â†’0.5 – 0.4Ïâ†“s Cast iron (ÏB = 4.3 – 4.8) and forged steel (ÏB = 4.6 – 4.8) are common materials used for media. Tungsten carbide media is used for very abrasive and hard ores (ÏB = 14.9). Pebbles and ceramic media (ÏB = 3.6) are adequate for soft materials. As the mill starts, grinding action and throughput increases. However, after reaching a critical speed, the mill charge clings to the inside perimeter of the mill. Under this conditions, the grinding rate is significant reduced or stopped. All mills must operate less than Critical Speed At position A, the media is held to the wall due to the following force balance: Mg cosÎ¸ = MÏ½â†’2 / (R – r)g R = Mill radius Ï½ = linear mill velocity (m/s) M = Ball mass r = ball diameter g = gravitational acceleration Ball size distribution diagram [image: (135-7-11)] At Î¸=0 ° and cos Î¸ = 1, the gravitational force pulling the media off the mill was maximized. Substituting and solving for speed rotational provides the expression for quantifying the critical velocity, vc: Ï½â†“C = 42.3 / â^š(D-d) revs/min The above equation assumes no friction between the media and the liner. In practice, friction decreases with: Smoothness of liner Fineness of media Pulp density Abrasiveness of the material to be ground To modify the critical speed to account for friction: For dry grinding, multiply by 0.65. For wet grinding, multiply 0.70. Critical rotational speed [image: (135-7-12)] Mill Speed Impact on Optimum Breakage Condition % Critical SpeedSlidingCascadingCentrifuging 103------ 203------ 3031--- 4021--- 50211 60221 70132 80132 90---23 *Nordberg, 1970 Optimum speed to maximize impact breakage is 70% to 80% of critical speed. Ball Charge Impact on Optimum Breakage Condition Ball Charge % by VolumeSliding (all speeds)CascadingCentrifuging 5-153------ 15-2531 (high speeds)--- 25-3522 (high speeds)1 (high speeds) 35-4513 (all speeds)1 (high speeds) 45-5012 (all speeds)3 (all speeds) *Nordberg, 1970 Optimum ball charge to maximize impact breakage is 35% to 45% of critical speed. Mill capacity is a function of: Mill dimensions Type of mill Mill speed Mill loading Required particle size Feed size Work Index Mill shaft power Specific gravity of the rock Bond developed an expression for capacity that accounts for each of these factors. A ball mill in situ and operating in Alaska. Mill Throughput Capacity Bond expressed mill capacity as a function of mill shaft power (PM, kW) and the energy required for particle breakage (kWh/f):Q = Pâ†“M / E The expression for mill shaft power developed by Bond incorporates a number of operating parameters, The energy required for breakage was previously discussed, i.e.,E = Wâ†“I(10 / â^šPâ†“80 – 10 / â^šFâ†“80 WI must be adjusted for nonstandard conditions Mill Throughput Capacity (Austin et al., 1984) Austin et al. concluded that a single expression for capacity is not adequate for all mills. Equations for mill sizes less than 3.81meters in diameter and greater than 3.81meters were proposed: t/h D < 3.81 m t/h D > 3.81 m The factor CF is the correction for non-standard conditions including wet open circuit, wet closed circuit, wet and dry grinding, over size feed and under size grinding. Mill Power Draw The motor power draw required to turn a mill from rest to the operating speed includes the energy required for the initial starting torque and mechanical arrangements to rotate the mill. It is generally accepted that practical mill power (PM) is a function of mill capacity and diameter, i.e.,PM = Mill Constant * (Mill Diameter)n where n = 0.3 to 0.5. It is evident that mill power is a function of the height at which the media is lifted and the density of the media, i.e., PM = K Ïb LD2.5where k is a proportionality constant. Mill Power Draw (Bond Method) Based on a large number of observations, power draw was determined to be: Directly proportional to the mill length; A function of mill speed; A function of the total mass of the grinding media and rock charge; A function of the feed characteristics; A function of the work index of the material. Bond developed an express ion to quantify mill shaft power based on data from a number of laboratory and industrial ball mills: Pâ†“S = 7.33Jâ†“B Ï¡â†“c (1-0.937Jâ†“B)Ïâ†“b LDâ†’2.3 (1-0.1 / 2â†’9 – 10Ï¡â†“C) ÏS = Mill power D = Mill diameter in meters L = Mill length in meters ÏB = Ball density in t/m3 Wet Ball Mill Power Draw (Bond) For wet ball mills, Bond expressed power draw as a function of the total mass of media:Pâ†“M / Mâ†“B – 15.6Ï¡â†“V (1 – 0.937 Jâ†“B) Dâ†’0.3 (1 – 0.1 / 2â†’9 – 10Ï¡â†“C) kW/t Mâ†“B = Ï€Dâ†’2 / 4 Jâ†“B Ïâ†“B (1 – Ï¡) The bed porosity is typically in the range of 35% to 40%. In practice, the mill shaft power for wet overflow mills calculated using the above expression appeared to overestimate the actual power when: Maximum ball size, dmax < 45.7 Mill inside diameter > 2400mm Bond Wet Overflow Mill Corrections Corrections to counter the over estimation included in a slump factor, Fs:Fâ†“S = 1.102 (45.72 – dâ†“max / 50.8) kWtThe Fs factor is subtracted from the calculated power draw. The ball size factor, FB, is added to the mall shaft power for mill sizes greater than 3.3 meters:Fâ†“B – 1.102 (dâ†“max – 12.5D / 50.8) kW/t Other Rowland & Kjos Power Draw Corrections F1 : Dry grinding correction F2 : Correction for wet open circuit since it requires more power than wet closed circuit.Based on the sieve size used to determine the work index and the percentage of the product passing this size.Power Draw Corrections [image: 135-7-14)] F3: Correction for material in the feed that is greater than the optimum size, F0S: Fâ†“0S = 4000[13 / Wâ†“I] â†’0.5 Fâ†“3 = 1+1 / R[Wâ†“i – 7] [Fâ†“80 / Fâ†“0S – 1] F4: Correction when the product size is less than 75 microns: Fâ†“4 = [Pâ†“80 + 10.3 / 1.145Pâ†“80] F5: Correction when the reduction ratio is less than 6: Fâ†“5 = 1+0.13 / (R – 1.35) Mill Dimension Design Ore: limestone Throughput: 250 Tph F80 = 10mm P80 = 0.1mm Calculate the mill size required to handle the desired throughput: Solution: W = 10*11.25(1/â^š100 – 1/ â^š100 0) kWt/t = 10.125 kWh/t Mill Dimension Design Example Example: PM = 250 * 10.125 = 2531 kW The Nordberg Method: PM = 2.448 ABCL where A = Mill diameter factor B = % charge loading factor C = mill speed factor L = Length of mill Factor A Diagram [image: (135-7-15)]Factor B Diagram [image – (135-7-16)]Factor C Diagram [image: (135-7-17)] Mill specs for design [image: (135-7-18)] Mill Power Consumption Example Ball mill = 3.5 m x 3.5 m Rubber lining = 75 mm % Mill volume charge = 40% Grinding balls diameter = 70 mm Mill operational speed = 17.6 Calculate the optimum power consumption to operate the mill. Solution: Pâ†“M / Mâ†“B = 15.6Ï¡â†“C (1 – 0.937 Jâ†“B) Dâ†’0.3 (1 – 0.1 / 2â†’9-10Ï¡â†“C) kWt Mâ†“B = Ï€Dâ†’2 / 4 Jâ†“B Ïâ†“B (1 – Ï¡) Actual mill diameter = 3.5-2 * 0.075 = 3.35 Critical Speed Ï½â†“C = 42.3 / â^š(D-d) rpm = 23.4 Ï¡C = (17.6 / 23.4_ * 1000 = 0.75 PM / MB = 10.14 kW/t With ball density = 7.8 t/m3 Slump correction factor check: D > 2.4 m but d > 45.7 mm, so no slump correction required Ball size correction factor check: D > 33.3 m, so a ball size correction factor should be applied Fâ†“B = 1.102 (dâ†“max – 12.5D / 50.8) kWt/t = 0.010 kW/t So corrected PM / MB = 10.14 + 0.610 = 10.75 kW/t Total power – 10.75 kW/t * 57.75 t = 621 kW Save Save Save

TV+ 8 3 What We Do in the Shadows FX 1 RuPaul's Drag Race MTV 0 Jim Henson Idea Man Disney+ 7 1 The Oscars ABC 6 3 The Gilded Age HBO 1 Last Week Tonight with John Oliver HBO 3 Body Problem Netflix 0 Welcome to Wrexham FX 5 1 The Amazing Race CBS The Late Show with Stephen Colbert CBS Winning Time: The Rise of the Lakers Dynasty HBO 0 Ahsoka Disney+ Beckham Netflix Dancing with the Stars ABC 66th Grammy Awards CBS Planet Earth III BBC America Steve! (Martin) A Documentary in 2 Pieces Apple TV+ 76th Annual Tony Awards CBS The Voice NBC